

Analisis de elementos finitos.

Cinematica de Robots
Alcala Villagomez Mario
Becerra Iiguez Diego Aramando
Martinez Velazquez Lisbeth
Murguía Chávez Nadia Sarahi
Ramos Chávez Brian Oswaldo
Ing. Mecatrónica 7to A

24 de octubre de 2019

0.1 Analisis de Elementos Finitos

0.1.1 Objetivos:

- ★ Conocer los fundamentos teóricos del método conocido como "análisis de elemento finito", así como su implementación práctica en un software para resolver problemas de ingeniería.
- ★ Comprender la formulación de elemento finito para el análisis de problemas físicos en ingeniería.
- ★ Introducirse en la teoría y uso simulaciones numéricas para situaciones de carga mecánica complejas que ocurren en estructuras de uso práctico.
- ★ Aprender las estrategias de análisis de elemento finito y su implementación en un software.
- ★ Conocer las capacidades y limitaciones de la teoría de elemento finito.

0.1.2 Materiales

- ★ Modelos 3D de Robot.
- ★ Software de simulación Inventor.
- ★ Especificaciones de 3 materiales (mínimo)
- ★ Puntos críticos del Robot.
- ★ Fuerzas Ejercidas en los puntos críticos.

0.2 Marco Teorico

El análisis de elementos finitos (FEA) es un método computarizado para predecir cómo reaccionar un producto ante las fuerzas, la vibración, el calor, el flujo de fluidos y otros efectos físicos del mundo real. El análisis de elementos finitos muestra si un producto se romperá, desgastará o funcionará como se espera. Se denomina análisis, pero en el proceso de desarrollo de productos, se utiliza para predecir qué ocurrirá cuando se utilice un producto.

FEA descompone un objeto real en un gran número (entre miles y cientos de miles) de elementos finitos, como pequeños cubos. Las ecuaciones matemáticas permiten predecir el comportamiento de cada elemento. Luego, una computadora suma todos los comportamientos individuales para predecir el comportamiento real del objeto.

El análisis de elementos finitos predice el comportamiento de los productos

afectados por una variedad de efectos físicos, entre los que se incluyen:

- ★ Esfuerzo mecanico.
- ★ Vibración mecánica
- ★ Movimiento
- ★ Transferencia de calor
- ★ Flujo de fluidos.
- ★ Electrostática
- ★ Modelado por inyeccion de platico.

0.3 Desarrollo

Para la realización de esta practica utilizaremos el software de AUTODESK Inventor el cual nos permitira realizar el siguiente analisis en un Robot Cater-ciano (DISMEDIC). Utilizando 3 materiales distintos en la fabricación de algunas piezas. Delos cuales análisisaremos los siguientes puntos: 1

- ★ Fuerza.
- ★ Tensió.
- ★ Presión.
- ★ Desgaste de rodamientos.
- ★ Fracturas.

En inventor utilizaremos la ocpion "Entorno" y en "Iniciar simulacion" y hay seleccionaremos los puntos que queremos analizar, tomando en cuenta que deben de ser la fuerza que se ejercera en la articulación o ensamble del

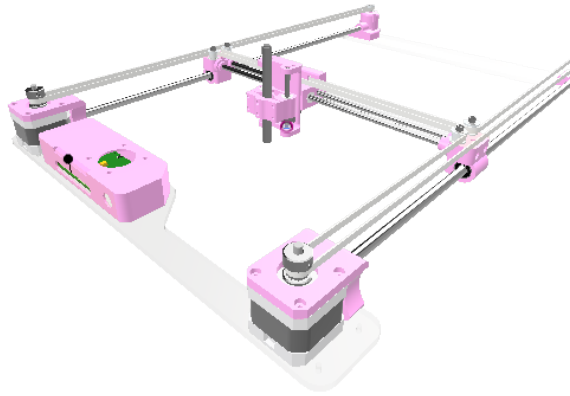


Figure 1: DISMEDIC

robot. En este caso haremos el analisis de tres materiales con los que fabricaremos el robot.

Materiales:

- ★ Acero Inoxidable ASIS 440C
- ★ Madera (Roble)
- ★ Aluminio 6061

0.4 Analisis de elementos finitos (Acero Inoxidable)

El analisis de elementos finitos es un metodo de aproximacion de problemas continuos, de tal forma que el continuo se divide en un numero finito de partes, "elementos" cuyo comportamiento se especifica mediante un numero finito de parametros asociados a ciertos puntos caracteristicos denominados

”nodos”. estos nodos son los puntos de union de cada elemento con adyacentes.

La solucion del sistema completo sigue las reglas de los problemas discretos. El istema completo se forma por ensamblaje de los elementos. Las incognitas del problema dejan de ser funciones matematicas y pasan a ser el valor de estas funciones en los nodos. * El comportamiento en el interior de cada elemento queda definido a partir del coportamiento de los nodos mediante las adecuadas funciones de interpolacion o funciones de forma.

0.5 Aplicacion del metodo

La forma mas intuitiva de comprender el metodo, al tiempo que la mas extendida, es la aplicacion a una placa sometida a tension plana. MEF se puede entender desde un punto de vista estructural, como una generalizacion del calculo matricial de estructuras al analisis de sistemas continuos. de hecho el metodo nacio por evolucion de aplicaciones a sistemas estructurales.

*Un elemento finito e viene definido por sus nodos (i,j,m) y por su contorno por lineas que los unen. Los desplazamientos u de cualquier punto del elemento se aproximan por un vector.

$$\vec{u} = \sum N_i a_i^e = \begin{bmatrix} N_i & N_j & \dots \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_i \\ a_j \\ \dots \end{bmatrix} = N a^e$$

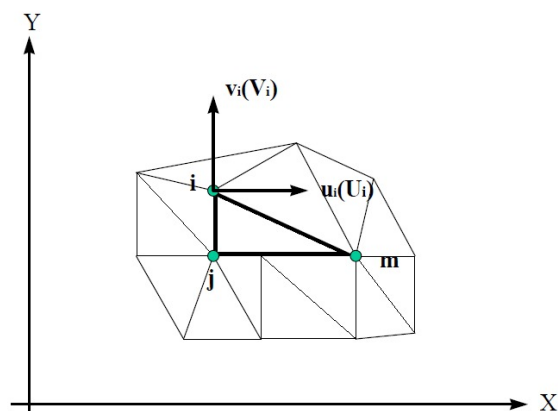


Figure 2:

N son funciones de posicion dadas(funciones de forma y a es un vector

formando por los desplazamientos nodales de los elementos considerados. Para el caso de tension plana.

$$u = \begin{Bmatrix} u(x, y) \\ v(x, y) \end{Bmatrix}, \quad a_i = \begin{Bmatrix} u_i \\ v_i \end{Bmatrix}$$

Figure 3:

u: son los movimientos horizontal y vertical en un punto cualquiera del elemento.

a: son los desplazamientos del nodo i.

Las funciones N_i, N_j, N_m , han de escogerse de tal forma que al sustituir en la figura de arriba las coordenadas nodales, se obtengan los desplazamientos nodales.

Conocidos los desplazamientos de todos los puntos del elemento, se pueden determinar las deformaciones en cualquier punto, que vendran por una relacion del tipo siguiente:

$$q^e = \int_{V^e} B^T \sigma \cdot dV - \int_{V^e} N^T b \cdot dV$$

Figure 4:

Esta expresion es valida con caracter general cualesquiera que sean las relaciones entre tensiones y deformaciones, si la tensiones siguen una ley lineal como se puede describir la ecuacion en la forma siguiente.

0.6 Criterio de la parcela

Es conveniente que las funciones tengan la propiedad de valer la unidad en los nodos a los que estan asociadas y que tengan un valor nulo en el resto. Este

tipo de elementos se llaman elementos conformes y aseguran la comunidad de la ley de corrimientos entre elementos.

Los elementos no conformes son, por lo tanto, los que no aseguran la unidad de la ley de corrimientos, hecho que provoca la existencia de deformaciones infinitas en el contorno entre elementos.

0.7 Tipos de forma.

En cada elemento se puede distinguir tres tipos de nodos, primarios, secundarios e intermedios.

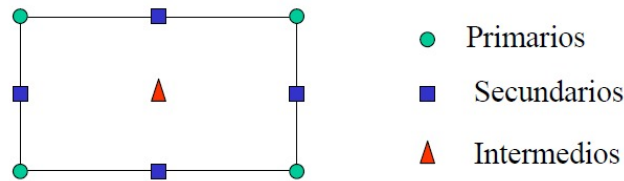


Figure 5:

Las funciones deforman agrupan en dos familias principales en función del tipo de nodos.

*serendipidas: En las que solo existen nodos frontera (primario y secundarios).

*Lagrangianas: Incluyen además nodos intermedios.

con el fin de conseguir un mayor ajuste a la geometría del cuerpo, existe también una interpolación de tipo geométrico esto permite obtener elementos de lados curvos a partir de un elemento de referencia.

Esto implica introducir un cambio de variable de las ecuaciones integrales que describen el comportamiento de los elementos las derivadas de las funciones que intervienen de la expresión de B son respecto a x, y, z , que guardan las relaciones respecto a las coordenadas locales.

$$\boxed{q^e = K^e a^e + f^e}$$

$$K^e = \int_{V^e} B^T D B \cdot dV$$

$$f^e = - \int_{V^e} N^T b \cdot dV - \int_{V^e} B^T D \varepsilon_0 \cdot dV + \int_{V^e} B^T \sigma_0 \cdot dV$$

Figure 6:

Donde J es de la matriz Jacobiana de la transformacion

$$[J] = \begin{bmatrix} \partial x / \partial \zeta & \partial y / \partial \zeta & \partial z / \partial \zeta \\ \partial x / \partial \eta & \partial y / \partial \eta & \partial z / \partial \eta \\ \partial x / \partial \xi & \partial y / \partial \xi & \partial z / \partial \xi \end{bmatrix}$$

Figure 7:

Los diferenciales de volumen en cada sistema de coordenadas vienen relacionados de la forma.

$$dx \cdot dy \cdot dz = \det[J] \cdot d\zeta \cdot d\eta \cdot d\xi$$

Figure 8:

Una vez realizada la transformacion, la integracion es mas sencilla en el sistema de coordenadas local que en el cartesiano (x,y,z,) en el que los dominios estan distorcionados. pero la obtencion del resultado final puede presentar ciertos problemas.

0.8 Imagenes del Anlisis de elementos finitos del robot cartesiano

Material(es)		
Nombre	Acero inoxidable AISI 440C, soldado	
General	Densidad de masa	7.8 g/cm³
	Límite de elasticidad	689 MPa
	Resistencia máxima a tracción	861.25 MPa
Tensión	Módulo de Young	206.7 GPa
	Coefficiente de Poisson	0.27 su
	Módulo cortante	81.378 GPa
Nombre(s) de pieza	Component16.ipt Component1.ipt Component7.ipt Component1_1.ipt GT2_20T v1.ipt Component17.ipt LMBUU v1.ipt Component4.ipt 1021795-IDLER PULLEY.ipt 1021795-693-22 BEARING, 8 mm OD, 3 mm ID, 4 mm WIDTH_DEFAULT.ipt 1021795-693-22 BEARING, 8 mm OD, 3 mm ID, 4 mm WIDTH_DEFAULT.ipt Component15.ipt 1021795-IDLER PULLEY.ipt 1021795-693-22 BEARING, 8 mm OD, 3 mm ID, 4 mm WIDTH_DEFAULT.ipt 1021795-693-22 BEARING, 8 mm OD, 3 mm ID, 4 mm WIDTH_DEFAULT.ipt Component15.ipt Component22.ipt Pieza21.ipt 1021795-IDLER PULLEY.ipt 1021795-693-22 BEARING, 8 mm OD, 3 mm ID, 4 mm WIDTH_DEFAULT.ipt 1021795-693-22 BEARING, 8 mm OD, 3 mm ID, 4 mm WIDTH_DEFAULT.ipt Component15.ipt Component16.ipt 1021795-IDLER PULLEY.ipt 1021795-693-22 BEARING, 8 mm OD, 3 mm ID, 4 mm WIDTH_DEFAULT.ipt 1021795-693-22 BEARING, 8 mm OD, 3 mm ID, 4 mm WIDTH_DEFAULT.ipt Component15.ipt Component1_1.ipt GT2_20T v1.ipt Component17.ipt Component1.ipt LMBUU v1.ipt Component4_MIR.ipt 1021795-IDLER PULLEY_MIR.ipt 1021795-693-22 BEARING, 8 mm OD, 3 mm ID, 4 mm WIDTH_DEFAULT_MIR.ipt 1021795-693-22 BEARING, 8 mm OD, 3 mm ID, 4 mm WIDTH_DEFAULT_MIR.ipt Component15_MIR.ipt 1021795-IDLER PULLEY_MIR.ipt 1021795-693-22 BEARING, 8 mm OD, 3 mm ID, 4 mm WIDTH_DEFAULT_MIR.ipt 1021795-693-22 BEARING, 8 mm OD, 3 mm ID, 4 mm WIDTH_DEFAULT_MIR.ipt Component15_MIR.ipt Component2.ipt Component2_MIR.ipt Component3.ipt Cajita.ipt	

Figure 9:

La imagen muestra acerca el nombre del material en que se hizo el análisis en este caso fue el aluminio, que te arroja su densidad, tensión y su nombre de la pieza en el que las piezas son de ese material elaborado, tanto el coeficiente de Poisson y entre otros que nos sirven para determinar el material en el que se está trabajando.

Nombre	Aluminum 6061	
General	Densidad de masa	2.7 g/cm ³
	Limite de elasticidad	0 MPa
	Resistencia máxima a tracción	0 MPa
Tensión	Módulo de Young	0.00000001 GPa
	Coefficiente de Poisson	0 su
	Módulo cortante	0.000000005 GPa
Nombre(s) de pieza	LM6UU v1.ipt LM6UU v1.ipt	

Figure 10:

En esta parte del cuadrante arroja inventar una tabla de datos de otras piezas de diferente Material que de igual manera arroja su tabla de datos como la otra tabla anterior que se mostraba en el acero inoxidable.

Propiedades físicas

Masa	4.16255 kg
Área	286876 mm ²
Volumen	624800 mm ³
Centro de gravedad	x=50.1197 mm y=-391.487 mm z=100.09 mm

Figure 11:

Objetivo del diseño	Punto único
Tipo de estudio	Análisis modal
Fecha de la última modificación	29/10/2019, 10:17 a. m.
Número de modos	10
Rango de frecuencia	0 - 0
Calcular modos precargados	Si
Precisión mejorada	Si

Figure 12:

También el análisis de elementos finitos lanza una tabla con datos de propiedades físicas para determinar el peso el área que tendrá el robot como se comporta la gravedad en los 3 ejes del mismo. el número de nodos que es importante para el análisis matricial que se le puede hacer más adelante en las futuras prácticas y si con lleva una precisión del elemento.

Fuerza:1

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	4.905 N
Vector X	4.905 N
Vector Y	-0.000 N
Vector Z	0.000 N

Figure 13:

La fuerza que nos arroja es para la interpretación en el estado físico para tener una idea de cómo se comportaría cuando lo tengamos armado si soportaría más peso de lo que se pudiera en los distintos ejes tanto en (x,y,z).

Carga de rodamientos:1

Tipo de carga	Carga de rodamientos
Magnitud	50.000 N
Vector X	0.000 N
Vector Y	50.000 N
Vector Z	-0.000 N

Figure 14:

La carga de rodamiento es un dato que nos arroja porque es importante para el soporte de los motores nema17 ya que van ajustados precisamente a las bandas que le dan el desplazamiento al eje z para que pueda moverse en los 3 ejes del sistema del robot.

Tamaño medio de elemento (fracción del diámetro del modelo)	0.08
Tamaño mínimo de elemento (fracción del tamaño medio)	0.2
Factor de modificación	1.5
Ángulo máximo de giro	60 gr
Crear elementos de malla curva	No
Usar medida basada en pieza para la malla del ensamblaje	Sí

Figure 15:

En los datos de la configuracion de la malla nos habla sobre la interpretacion del tamao de cada elemento por fraccion y el factor de modificacion y el angulo maximo de giro de los rodamientos del robot y como opciones usar la medida basda en la pieza del ensamblaje.

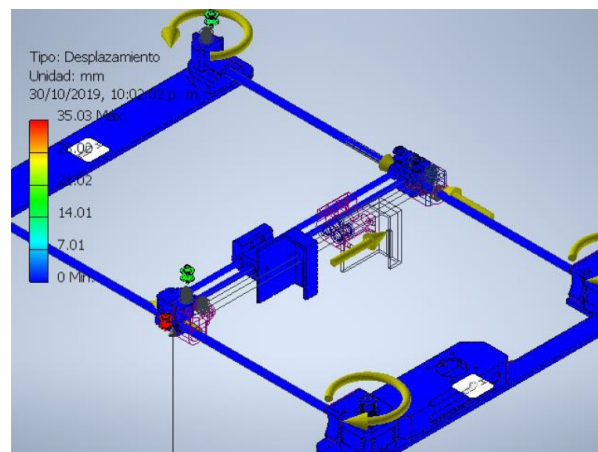


Figure 16:

En los datos de los resultados nos arroja como valores de frecuencia como lo marca y fue calculado de 11.83Hz y el resumen de los resultados de voumen y masa en total del robot que nos ayuda a interpretar su masa y podriamos calcular para saber su peso tambien ya que son los ultimos resultados que nos arrojan los elementos finitos del robot.

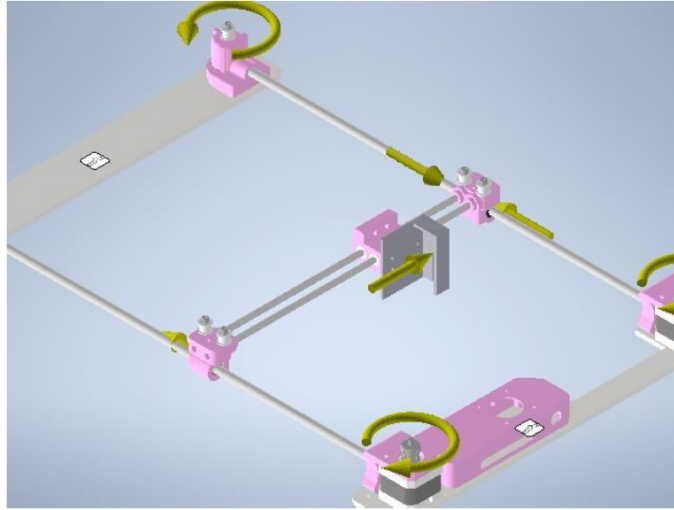


Figure 17:

En el desplazamiento con una masa que recorre los 3 ejes del robot cartesiano se debe a que nos mostraria un calor o esfuerzo o deformacion demas si el robot no soportara el peso en toda su totalidad de su area que nos brinda el analisis.

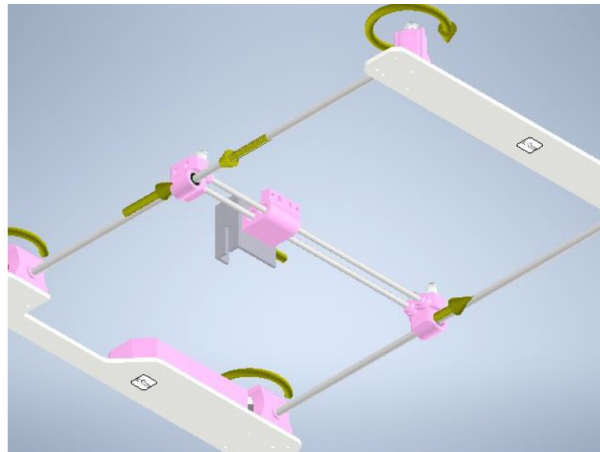


Figure 18:

En el robot analizado en su totalidad nos sirve para tener en cuenta que el robot se puede mover sin problemas en caso de una fuerza ejercida en cualquiera de los eslabones para su funcionamiento optimo del robot ya que se analizo con exito los puntos mas importantes y no nos limito a obtener mas datos para su debida practica de analisis de elementos finitos.

0.9 Analisis de elementos finitos (Aluminio)

El analisis de elementos finitos es un metodo de aproximacion de problemas continuos, de tal forma que el continuo se divide en un numero finito de partes, "elementos" cuyo comportamiento se especifica mediante un numero finito de parametros asociados a ciertos puntos caracteristicos denominados "nodos". estos nodos son los puntos de union de cada elemento con adyacentes.

La solucion del sistema completo sigue las reglas de los problemas discretos. El sistema completo se forma por ensamblaje de los elementos. Las incognitas del problema dejan de ser funciones matematicas y pasan a ser el valor de estas funciones en los nodos. * El comportamiento en el interior de cada elemento queda definido a partir del comportamiento de los nodos mediante las adecuadas funciones de interpolacion o funciones de forma.

0.10 Aplicacion del metodo

La forma mas intuitiva de comprender el metodo, al tiempo que la mas extendida, es la aplicacion a una placa sometida a tension plana. MEF se puede entender desde un punto de vista estructural, como una generalizacion del calculo matricial de estructuras al analisis de sistemas continuos. de hecho el metodo nacio por evolucion de aplicaciones a sistemas estructurales.

*Un elemento finito viene definido por sus nodos (i,j,m) y por su contorno por lineas que los unen. Los desplazamientos u de cualquier punto del elemento se aproximan por un vector.

$$u = \sum N_i a_i^e = \begin{bmatrix} N_i & N_j & \dots \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_i \\ a_j \\ \dots \end{bmatrix} = N a^e$$

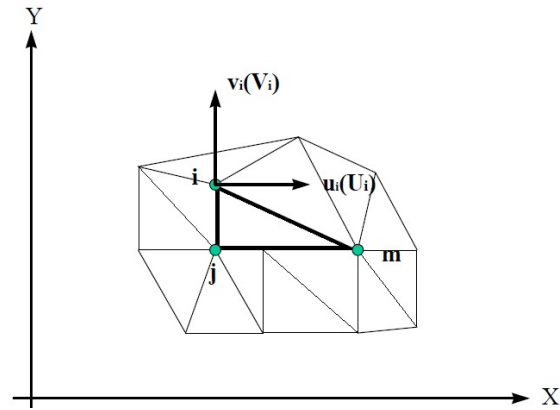


Figure 19:

N son funciones de posición dadas (funciones de forma) y a es un vector formado por los desplazamientos nodales de los elementos considerados. Para el caso de tensión plana.

$$u = \begin{Bmatrix} u(x, y) \\ v(x, y) \end{Bmatrix}, \quad a_i = \begin{Bmatrix} u_i \\ v_i \end{Bmatrix}$$

Figure 20:

u : son los movimientos horizontal y vertical en un punto cualquiera del elemento.

a : son los desplazamientos del nodo i .

Las funciones N_i , N_j , N_m , han de escogerse de tal forma que al sustituir en la figura de arriba las coordenadas nodales, se obtengan los desplazamientos nodales.

Conocidos los desplazamientos de todos los puntos del elemento, se pueden determinar las deformaciones en cualquier punto, que vendran por una relacion del tipo siguiente:

$$q^e = \int_{V^e} B^T \sigma \cdot dV - \int_{V^e} N^T b \cdot dV$$

Figure 21:

Esta expresion es valida con caracter general cualesquiera que sean las relaciones entre tensiones y deformaciones, si la tensiones siguen una ley lineal como se puede describir la ecuacion en la forma siguiente.

0.11 Criterio de la parcela

Es conveniente que las funciones tengan la propiedad de valer la unidad en los nodos a los que estan asociadas y que tengan un valor nulo en el resto. Este tipo de elementos se llaman elementos conformes y aseguran la continuidad de la ley de corrimientos entre elementos.

Los elementos no conformes son, por lo tanto, los que no aseguran la continuidad de la ley de corrimientos, hecho que provoca la existencia de deformaciones infinitas en el contorno entre elementos.

0.12 Tipos de forma.

En cada elemento se puede distinguir tres tipos de nodos, primarios, secundarios e intermedios.

Las funciones de forma agrupan en dos familias principales en funcion del tipo de nodos.

*serendipidas: En las que solo existen nodos frontera (primario y secundarios).

*Lagrangianas: Incluyen ademas nodos intermedios.

con el fin de conseguir un mayor ajuste a la geometria del cuerpo, existe tambien una interpolacion de tipo geometrico esto permite obtener elementos de lados curvos a partir de un elemento de referencia.

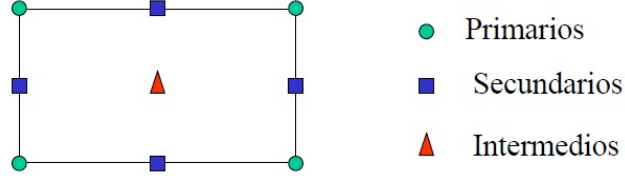


Figure 22:

Esto implica introducir un cambio de variable de las ecuaciones integrales que describen el comportamiento de los elementos las derivadas de las funciones que intervienen de la expresion de B son respecto a x,y,z, qu guardan ls relaciones respecto alas coordenadas locales.

$$\boxed{q^e = K^e a^e + f^e}$$

$$K^e = \int_{V^e} B^T DB \cdot dV$$

$$f^e = - \int_{V^e} N^T b \cdot dV - \int_{V^e} B^T D \epsilon_0 \cdot dV + \int_{V^e} B^T \sigma_0 \cdot dV$$

Figure 23:

Donde J es de la matriz Jacabiana de la transformacion

$$[J] = \begin{bmatrix} \partial x / \partial \zeta & \partial y / \partial \zeta & \partial z / \partial \zeta \\ \partial x / \partial \eta & \partial y / \partial \eta & \partial z / \partial \eta \\ \partial x / \partial \xi & \partial y / \partial \xi & \partial z / \partial \xi \end{bmatrix}$$

Figure 24:

Los diferenciales de volumen en cada sistema de coordenadas vienen relacionados de la forma.

$$dx \cdot dy \cdot dz = \det[J] \cdot d\zeta \cdot d\eta \cdot d\xi$$

Figure 25:

Una vez realizada la transformacion,la integracion es mas sencilla en el sistema de coordenadas local que en el catersiano(x,y,z,) en el que los dominios estan distorcionados. pero la obtencion del resultado final puede presentar ciertos problemas.

0.13 Imagenes del Anlisis de elementos finitos del robot cartesiano

Material(es)		
Nombre	Aluminio 6061	
General	Densidad de masa	2.7 g/cm ³
	Límite de elasticidad	275 MPa
	Resistencia máxima a tracción	310 MPa
Tensión	Módulo de Young	68.9 GPa
	Coefficiente de Poisson	0.33 su
	Módulo cortante	25.9023 GPa
Nombre(s) de pieza	Component16.ipt Component4.ipt 1021795-IDLER PULLEY.ipt 1021795-693-22 BEARING, 8 mm OD, 3 mm ID, 4 mm WIDTH_DEFAULT.ipt 1021795-693-22 BEARING, 8 mm OD, 3 mm ID, 4 mm WIDTH_DEFAULT.ipt Component15.ipt 1021795-IDLER PULLEY.ipt 1021795-693-22 BEARING, 8 mm OD, 3 mm ID, 4 mm WIDTH_DEFAULT.ipt 1021795-693-22 BEARING, 8 mm OD, 3 mm ID, 4 mm WIDTH_DEFAULT.ipt Component15.ipt 1021795-IDLER PULLEY.ipt 1021795-693-22 BEARING, 8 mm OD, 3 mm ID, 4 mm WIDTH_DEFAULT.ipt 1021795-693-22 BEARING, 8 mm OD, 3 mm ID, 4 mm WIDTH_DEFAULT.ipt Component15.ipt Component16.ipt 1021795-IDLER PULLEY.ipt 1021795-693-22 BEARING, 8 mm OD, 3 mm ID, 4 mm WIDTH_DEFAULT.ipt 1021795-693-22 BEARING, 8 mm OD, 3 mm ID, 4 mm WIDTH_DEFAULT.ipt Component15.ipt	

Figure 26:

La imagen muestra acerca el nombre del materia en que se hizo el analisis en este caso fue el alumino, que te aroja su densidad,tension y su nombre de la pieza en el que las piezas son de ese material elaborado, tanto el coeficiente de poisson y entre otros que nos sirven para determinar el material en el que se esta trabajando.

Nombre	Acero inoxidable AISI 440C, soldado	
General	Densidad de masa	7.8 g/cm ³
	Límite de elasticidad	689 MPa
	Resistencia máxima a tracción	861.25 MPa
Tensión	Módulo de Young	206.7 GPa
	Coefficiente de Poisson	0.27 su
	Módulo cortante	81.378 GPa
Nombre(s) de pieza	Component1.ipt Component7.ipt Component1_1.ipt GT2_20T v1.ipt Component17.ipt LM8UU v1.ipt Component22.ipt Pieza21.ipt Component1_1.ipt GT2_20T v1.ipt Component17.ipt Component1.ipt LM8UU v1.ipt Component2.ipt Component2_MIR.ipt LM6UU v1.ipt LM6UU v1.ipt Cajita.ipt	

Figure 27:

En esta parte del cuadrante arroja inventar una tabla de datos de otras piezas de diferente Material que de igual manera arroja su tabla de datos como la otra tabla anterior que se mostraba en el aluminio.

Propiedades físicas

Masa	4.16255 kg
Área	286876 mm ²
Volumen	624800 mm ³
Centro de gravedad	x=50.1197 mm y=-391.487 mm z=100.09 mm

Figure 28:

Objetivo del diseño	Punto único
Tipo de estudio	Análisis modal
Fecha de la última modificación	29/10/2019, 10:17 a. m.
Número de modos	10
Rango de frecuencia	0 - 0
Calcular modos precargados	Sí
Precisión mejorada	Sí

Figure 29:

También el análisis de elementos finitos lanza una tabla con datos de propiedades físicas para determinar el peso el área que tendrá el robot como se comporta la gravedad en los 3 ejes del mismo. el número de nodos que es importante para el análisis matricial que se le puede hacer más adelante en las futuras prácticas y si con lleva una precisión del elemento.

Carga de rodamientos:1

Tipo de carga	Carga de rodamientos
Magnitud	50.000 N
Vector X	0.000 N
Vector Y	50.000 N
Vector Z	-0.000 N

Figure 30:

Las fuerzas que nos arroja es para la interpretación en el estado físico

para tener un idea de como se comportara cuando lo tengamos armado si soportaria mas peso de lo que se pudiera en los distintos ejes tanto en (x,y,x).

Configuración de malla:

Tamaño medio de elemento (fracción del diámetro del modelo)	0.08
Tamaño mínimo de elemento (fracción del tamaño medio)	0.2
Factor de modificación	1.5
Ángulo máximo de giro	60 gr
Crear elementos de malla curva	No
Usar medida basada en pieza para la malla del ensamblaje	Sí

Figure 31:

La carga de rodamiento es un dato que nos arroja porque es importante para el soporte de los motores nema17 ya que van ajustados precisamente alas bandas que le dan el desplazamiento al eje z para que pues moverse en los 3 ejes del sistema del robot.

Resultados

Valor(es) de frecuencia

F1	11.83 Hz
----	----------

Resumen de resultados

Nombre	Valor del resultado
Volumen	624794 mm ³
Masa	1.73142 kg

Figure 32:

En los datos de la configuracion de la malla nos habla sobre la interpretacion del tamao de cada elemento por fraccion y el factor de modificacion y el angulo maximo de giro de los rodamientos del robot y como opciones usar la medida basda en la pieza del ensamblaje.

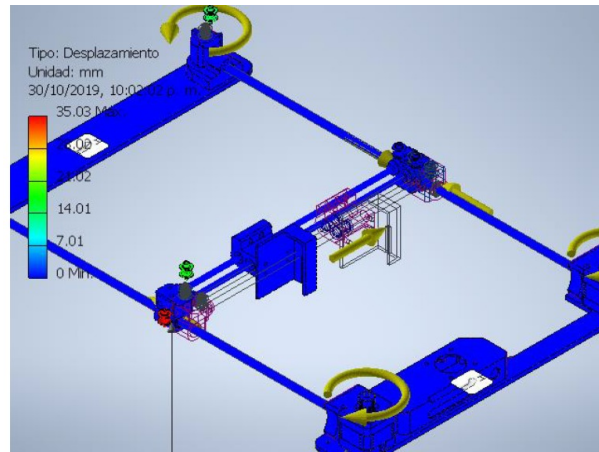


Figure 33:

En los datos de los resultados nos arroja como valores de frecuencia como lo marca y fue calculado de 11.83Hz y el resumen de los resultados de volumen y masa en total del robot que nos ayuda a interpretar su masa y podriamos calcular para saber su peso tambien ya que son los ultimos resultados que nos arrojan los elementos finitos del robot.

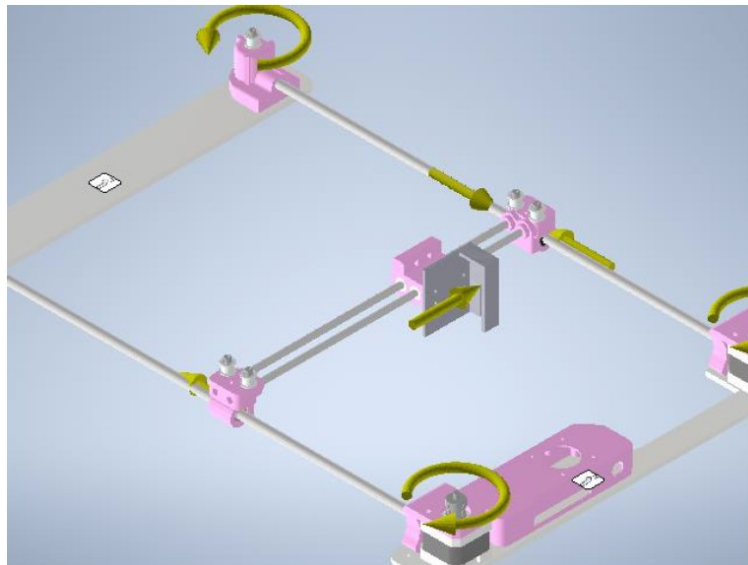


Figure 34:

En el desplazamiento con una masa que recorre los 3 ejes del robot cartesiano se debe a que nos mostraria un calor o esfuerzo o deformacion demas si el robot no soportara el peso en toda su totalidad de su area que nos brinda el analisis.

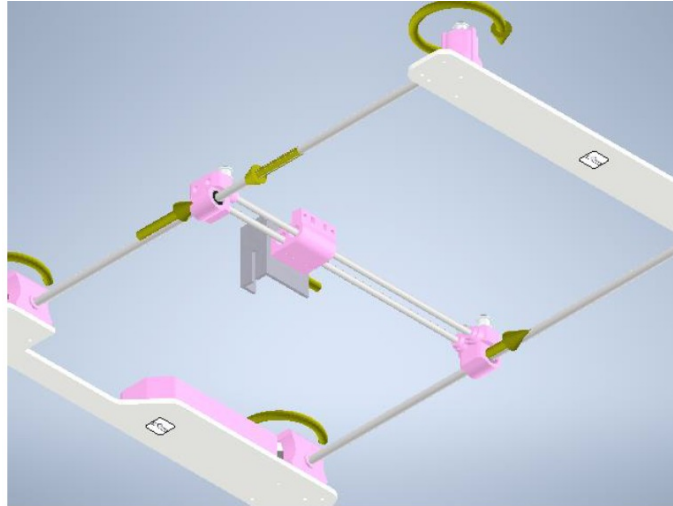


Figure 35:

En el robot analizado en su totalidad nos sirve para tener en cuenta que el robot se puede mover sin problemas en caso de una fuerza ejercida en cualquiera de los eslabones para su funcionamiento optimo del robot ya que se analizo con exito los puntos mas importantes y no nos limito a obtener mas datos para su debida practica de analisis de elementos finitos.

0.14 conclusion

En el analisis de los elementos finitos se nos hizo una practica productiva y de aprendizaje con el que el analisis es demasiadas cosas que debemos que tener encuentra ademas de sus funciones matematicas para asi llevar el analisis que nos arroja a un nivel mayor y en la interpretacion antes de construirlo es lo que hace a un ingeniero a ser diferente, que no primero se construye y luego se analiza aver como susederan las cosas, y que primero se debe de analizar con medidad y fundamentos matematicos el proyecto que se llevara acabo.