

GUIA DE OBSERVACIÓN PARA EXPOSICIÓN INDIVIDUAL Y/O POR EQUIPO

DOCENTE: Joel Francisco Pava Chipol		ASIGNATURA: Método del Elemento Finito		
DATOS GENERALES DEL PROCESO DE EVALUACIÓN				
PERIODO: Enero - Junio 2024		UNIDAD:		
TEMA:		FECHA DE PRESENTACIÓN:		
INSTRUCCIÓN				
Revisar los documentos o actividades que se solicitan y marque en los apartados "SI" cuando la evidencia a evaluar se cumple; en caso contrario marque "NO". En la columna "OBSERVACIONES" ocúpela cuando tenga que hacer comentarios referentes a lo observado.				
VALOR DEL REACTIVO	CARACTERÍSTICA A CUMPLIR (REACTIVO)	CUMPLE		OBSERVACIONES
		SI	NO	
10%	Puntualidad: para iniciar y concluir la exposición.			
10%	Esquema de diapositiva. Colores y tamaño de letra apropiada. Sin saturar las diapositivas de texto. Portada: Nombre de la escuela (logotipo), Carrera, Asignatura, Profesor, Alumnos, Matricula, Grupo, Lugar y fecha de entrega.			
5%	Ortografía: (cero errores ortográficos).			
10%	Exposición. a. Utiliza las diapositivas como apoyo, no lectura total			
20%	b. Desarrollo del tema fundamentado y con una secuencia estructurada.			
10%	c. Organización de los integrantes del equipo.			
5%	d. Expresión no verbal (gestos, miradas y lenguaje corporal).			
30%	Preparación de la exposición. Dominio del tema. Habla con seguridad.			
100%	CALIFICACIÓN			
INTEGRANTES		EQUIPO: _____		

LISTA DE COTEJO DE INVESTIGACION DOCUMENTAL

DOCENTE: Joel Francisco Pava Chipol		ASIGNATURA: Método del Elemento Finito		
PERIODO: Enero - Junio 2024		UNIDAD:		
DATOS GENERALES DEL PROCESO DE EVALUACIÓN				
NOMBRE DEL ALUMNO O NUMERO DEL EQUIPO:				
TEMA:		FECHA DE ENTREGA:		
INSTRUCCIONES				
Revisar las actividades que se solicitan y marque en los apartados "SI" cuando la evidencia se cumple; en caso contrario marque "NO". En la columna "OBSERVACIONES" indicaciones que puedan ayudar al alumno a saber cuáles son las condiciones no cumplidas, si fuese necesario.				
VALOR DEL REACTIVO	CARACTERÍSTICA A CUMPLIR (REACTIVO)	CUMPLE		OBSERVACIONES
		SI	NO	
10%	Presentación El trabajo cumple con los requisitos de: <ul style="list-style-type: none"> a. Buena presentación b. Mismo formato (letra arial 14 para títulos con negritas y contenido arial 12, texto justificado) c. Limpieza y orden d. Ortografía (El documento es redactado de forma correcta sin faltas de ortografía) 			
30%	Ideas relevantes: Presenta el contenido más relevante del tema abordado, se centra en la idea principal y compara información de referencias formales de mínimo tres autores.			
10%	Imágenes y gráficos de apoyo: Presenta imágenes, fotografías, tablas, gráficos de apoyo o fórmulas que respalden la información presentada.			
30%	Coherencia y cohesión: Maneja el lenguaje técnico apropiado y presenta en todo el documento coherencia y secuencia entre párrafo.			
10%	Referencias bibliográficas: De fuentes formales y citadas al final del documento de forma correcta.			
10%	Responsabilidad: Entregó el resumen en la fecha y hora señalada.			
100%	CALIFICACIÓN			

EXÁMENES



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE SAN
ANDRÉS TUXTLA

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA 602B

MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS

DOCENTE: JOEL FRANCISCO PAVA CHIPOL

KAREN AILEE XOLO MACHUCHO 211U0169

JAIRO MISAEL SAN JUAN PÉREZ 211U0158

JOSÉ FRANCISCO HERNANDEZ JÍMENEZ 211U0072

MIGUEL ALDAIR SANTOS FIGUEROA 211U0160

SAN ANDRÉS TUXTLA, VER.

06 DE JUNIO DEL 2024

Resumen

Se detalla minuciosamente el proceso de análisis de una viga con características específicas. La viga en cuestión está empotrada en su extremo izquierdo y cuenta con un soporte simple en el extremo derecho. En este análisis, se destaca la aplicación de un método que implica una mayor cantidad de elementos en la viga, lo cual requiere el uso del sistema internacional de unidades para garantizar la coherencia y precisión en los cálculos realizados.

La longitud total de la viga es de 16 metros, y se somete a una fuerza distribuida uniformemente de 3 kilos newton por metro a lo largo de su extensión. Además, se especifica un módulo de elasticidad para el material de la viga y se define una sección circular para el análisis estructural. Estas propiedades son fundamentales para comprender el comportamiento de la viga bajo cargas y deformaciones.

El proceso de análisis comienza con la creación de nodos y elementos que representan la estructura de la viga. Se establecen condiciones de empotramiento en un extremo y se aplican cargas en puntos específicos de la viga. Posteriormente, se lleva a cabo un análisis estático para evaluar las cargas estructurales y determinar la respuesta de la viga ante las fuerzas aplicadas.

Uno de los aspectos clave de este análisis es la obtención de deformaciones y rotaciones en la viga. Estos datos se representan gráficamente para visualizar de manera clara y concisa cómo se ve afectada la viga por las cargas y cómo se comporta estructuralmente en respuesta a las mismas. Además, se calculan las reacciones en los puntos de apoyo de la viga para comprender mejor la distribución de fuerzas en el sistema.

Es importante destacar que en este análisis se opta por utilizar líneas divididas en elementos a través del mallado en lugar de elementos individuales, como se había hecho en prácticas anteriores. Esta elección metodológica permite una mayor precisión en la representación de la viga y en la evaluación de su comportamiento estructural bajo cargas específicas.

En resumen, el video proporciona una visión detallada y sistemática del proceso de análisis de una viga, desde la definición de propiedades estructurales hasta la evaluación de deformaciones, rotaciones y reacciones. Este enfoque meticuloso y riguroso ofrece una comprensión profunda del comportamiento de la viga frente a diferentes condiciones de carga, lo que resulta fundamental en el diseño y la ingeniería estructural.

Antecedentes:

El diseño de estructuras, máquinas o mecanismos existen problemas que involucran la obtención de las dimensiones (Variables de Diseño) cumpliendo criterios de optimización comúnmente llamados Función Objetivo (Costo, volumen o peso mínimo) y satisfaciendo ciertas restricciones o condiciones denominadas Variables de Estado (Desplazamientos y/o tensiones admisibles). El artículo aborda brevemente la teoría general de optimización y se plantea un problema de minimización de desplazamiento con restricción de peso. (Diseño óptimo de estructuras mediante el programa de elementos finitos ANSYS:, 2007).

En la solución del problema ejemplo se utilizan modelos de elementos viga y elementos placa donde puede compararse el ajuste de cada uno de ellos respecto a la solución teórica disponible, dada la sencillez de la estructura tratada. Sin embargo, los problemas de optimización suelen ser complejos y de alto costo computacional en aplicaciones industriales donde la optimización tiene importancia estratégica para la competitividad de las empresas. Para la solución computacional se parametriza el modelo empleando el lenguaje APDL del Programa de elementos finitos ANSYS y se emplean los módulos de Preproceso, Solución, Postproceso y Optimización. (Fornons, 1982)

El diseño de optimización es una técnica que pretende determinar el mejor diseño o diseño óptimo. Por "diseño óptimo", se entiende como aquel que reúne toda una serie de requisitos específicos, pero con un gasto o costo mínimo de ciertos factores, tales como peso, área de la superficie, volumen, tensión, costo, etc. En otras palabras, el diseño óptimo es normalmente aquel que logra "hacer lo más eficaz posible". (Zienkiewicz, 1982)

Virtualmente se puede perfeccionar cualquier aspecto del diseño como: dimensiones (tal como espesor), forma (tal como radio del chaflanado), colocación de apoyos, costo de fabricación, frecuencia natural, propiedad del material, y así sucesivamente. Para la solución se usa el programa ANSYS, dado que, puede sujetarse al diseño de optimización de cualquier modelo que se pueda expresar en función de parámetros. (Lizarza, 2000)

El programa ANSYS ofrece dos métodos de optimización adaptables a una gama amplia de problemas. El método de la aproximación del subproblema es un método de orden cero avanzados que se puede aplicar eficazmente a la mayoría de problemas de ingeniería. El método de primer orden se basa en la sensibilidad del diseño y está recomendado para problemas que requieren alta exactitud. (Kassimali, 2015)

Para los dos métodos, el subproblema y el de primer orden, el programa ejecuta una serie de ciclos de análisis – evaluación - modificación. Es decir, se desarrolla un análisis de diseño inicial, se evalúan los resultados contra criterios específicos del diseño, y se modifica el diseño si es necesario. Este proceso se repite hasta que todos los criterios específicos se satisfagan. (Perez, 2004)

Antes de describir los resultados del diseño de optimización, es necesario definir alguna de la terminología básica empleada en este tipo de análisis, como son, variable de diseño, variable de estado, función objetivo, diseño factible y diseño no factible, archivo de análisis, iteraciones, ciclos, conjunto de diseño, etc. El problema planteado sirve como un ejemplo representativo de optimización estructural. (ALBORNOZ, 2020)

Un ciclo es un paso a través del ciclo de análisis. (Esto es como un paso por el archivo de análisis). La salida para el último ciclo ejecutado se preserva en un archivo llamado Jobname.OPO. Una iteración de optimización (o simplemente iteración) es uno

o más ciclos de análisis los cuáles resultan en un nuevo conjunto de diseño. Típicamente, una iteración equivale a un ciclo. Sin embargo, para el método de primer orden, una iteración representa más de un ciclo (Análisis estadístico para validar la simulación por elemento finito en el diseño a deformación de una viga en voladizo, 2021)

La base de datos de optimización contiene el último entorno de optimización, e incluye las definiciones de las variables de optimización, los parámetros, todas las especificaciones de optimización y los conjuntos de diseño acumulados. Esta base de datos puede ser salvada (por Jobname.OPT) o resumida a cualquier tiempo en el optimizador. Algunos de los conceptos descritos anteriormente pueden ser entendidos mejor a través de una ilustración. La Figura 2 muestra el flujo de información durante un análisis de optimización. El archivo de análisis debe existir como una entidad separada, dado que la base de datos de optimización no hace parte de la base de datos del modelo de ANSYS. (Victor H, 2009)

El uso de acero inoxidable en estructuras ha cobrado fuerza en los últimos años debido a su gran relación costobeneficio en el tiempo, brindando una gran protección a la corrosión, resistencia al fuego y una resistencia a la fluencia mayor que la brindada por los aceros estructurales de uso común en la industria. A pesar de este incremento en su uso todavía existe cierto grado de incertidumbre y desconocimiento de sus aplicaciones, pues los códigos de diseño de acero enfocan su atención principalmente en el acero estructural. Por lo tanto, en el presente trabajo se reportan los resultados de un estudio numérico de vigas esbeltas de acero inoxidable utilizado en puentes, sometidos a carga concentrada con el objeto de aumentar el estado del arte de esta aplicación en particular. En este trabajo, se elabora un modelo no lineal por elementos finitos tomando en cuenta el comportamiento no lineal del material y las imperfecciones geométricas iniciales. El modelo es validado utilizando datos experimentales encontrados en la literatura.

Posteriormente se realizó un estudio paramétrico sobre la influencia de la relación de espesores (t_f / t_w) y relación de zona de carga - largo de viga (S_s / a) en la resistencia última. Finalmente, se obtiene que el uso del acero inoxidable presenta ventajas en su comportamiento post-crítico respecto a paneles geoméricamente similares de acero estructural, permitiendo la optimización estructural de vigas esbeltas para puentes. (Carlos Graciano, 2017)

Justificación

El diseño de una viga en ANSYS para el análisis estructural es utilizado para determinar si cumple con los requisitos de resistencia y seguridad bajo cargas específicas. En ANSYS, un software de simulación de ingeniería, se pueden realizar análisis de elementos finitos para evaluar el comportamiento de una viga y determinar si es adecuada para su uso en una aplicación específica.

Para determinar el análisis estructural en ansys se siguen estos pasos básicos.

1. Modelado de la viga: Se crea un modelo detallado de la viga en el software ANSYS, definiendo sus propiedades geométricas y materiales.
2. Aplicación de cargas: Se aplican las cargas y condiciones de contorno relevantes al modelo de la viga para simular las condiciones de carga reales a las que estará expuesta.
3. Análisis de elementos finitos: Se realiza un análisis de elementos finitos en ANSYS para calcular las tensiones, deformaciones y otros parámetros de interés en la viga bajo las cargas aplicadas.
4. Verificación de resultados: Se verifican los resultados del análisis para asegurar que la viga cumple con los criterios de diseño y seguridad establecidos.
5. Documentación de resultados: Se documentan los resultados del análisis, incluyendo las tensiones máximas, deformaciones, factores de seguridad, entre otros, para respaldar la justificación de la viga

Es importante recordar que la justificación de una viga en ANSYS debe realizarse por un ingeniero capacitado y con experiencia en el uso del software y en el análisis estructural. Los resultados del análisis en ANSYS deben interpretarse cuidadosamente para tomar decisiones informadas sobre el diseño y la seguridad de la viga en cuestión.

Objetivos:

Objetivo general

Analizar y documentar de manera detallada el comportamiento estructural de la viga bajo cargas específicas, identificar las causas y consecuencias de la deformación observada, evaluar la resistencia y la capacidad de carga de la viga.

Objetivos específicos

- Calcular y evaluar la magnitud de la deformación que experimenta la viga bajo la carga aplicada.
- Identificar las áreas específicas de la viga donde la deformación es más pronunciada.
- Determinar si la deformación observada en la viga compromete la seguridad estructural de la misma.
- Explorar opciones de diseño o materiales que ayuden a reducir la deformación de la viga.
- Validar los resultados del análisis en ANSYS mediante pruebas físicas en un prototipo de viga.

Alcances y metas

Cuando se trabaja en el análisis de una viga que sufre deformación en ANSYS, es importante establecer metas claras y específicas que guíen el proceso de diseño, simulación y evaluación. A continuación, se presentan algunas metas que se pueden considerar al abordar este escenario:

1. Minimizar la deformación: Una meta principal podría ser reducir la deformación de la viga bajo cargas específicas para garantizar que cumpla con los requisitos de diseño y seguridad. Esto implicaría ajustar el diseño, los materiales o las condiciones de carga para lograr una deformación aceptable.

2. Optimizar la resistencia estructural: Otra meta importante sería mejorar la resistencia estructural de la viga para minimizar la deformación sin comprometer su integridad. Esto podría implicar reforzar ciertas áreas, modificar la sección transversal o ajustar las propiedades del material para aumentar la capacidad de carga.

3. Validar el modelo de simulación: Una meta clave sería validar el modelo de simulación en ANSYS mediante comparaciones con datos experimentales o resultados teóricos conocidos. Esto garantizaría la precisión y confiabilidad de las predicciones de deformación realizadas en el software.

4. Identificar y corregir puntos críticos: Se podría establecer como meta identificar los puntos críticos de deformación en la viga y tomar medidas correctivas para mitigar el problema. Esto implica localizar las áreas más afectadas y desarrollar estrategias para mejorar su comportamiento estructural.

5. Cumplir con los estándares de seguridad y calidad: Una meta fundamental sería asegurar que la viga cumpla con los estándares de seguridad y calidad establecidos para

su uso en la aplicación prevista. Esto implica garantizar que la deformación se encuentre dentro de los límites aceptables y que la viga sea segura y confiable.

Al establecer metas claras al analizar una viga que sufre deformación en ANSYS, se puede dirigir el proceso de diseño y simulación de manera efectiva hacia la mejora de la resistencia y el rendimiento estructural de la viga.

Metas

1. Determinar la magnitud de la deformación: Se debe calcular con precisión la magnitud de la deformación experimentada por la viga para evaluar su impacto en la integridad estructural.

2. Identificar las áreas críticas de deformación: Se buscará identificar las zonas específicas de la viga donde la deformación es más significativa para enfocar los esfuerzos de análisis y corrección.

3. Evaluar la seguridad estructural: Se pretende determinar si la deformación observada en la viga supera los límites permisibles y compromete su seguridad estructural, con el fin de tomar medidas correctivas si es necesario.

4. Explorar opciones de diseño para reducir la deformación: Se buscará analizar diferentes opciones de diseño y materiales para reducir la deformación de la viga y mejorar su comportamiento bajo cargas.

5. Validar los resultados con pruebas físicas: Se establecerá la meta de validar los resultados del análisis en ANSYS mediante pruebas físicas en un prototipo de la viga para confirmar la precisión del modelo de simulación.

Metodología

Determinar la deformación de la figura 1.1

Datos:

Q: 3 KN/m

E: 200 GPa

R: 0.152 (radio de sección transversal circular)

F: 12 KN

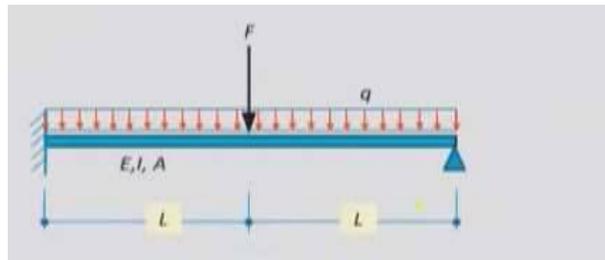


ILUSTRACIÓN 1.1 DISEÑO

Analizar un sistema de vigas de una casa, la cual consta de un soporte simple en la parte derecha, con una longitud de 16m, con una fuerza distribuida de 12KN la cual es aplicada en el centro de la viga, que está dividida en dos partes. (CUEVas, 2021)

Dentro del programa ANSYS, selecciona las partes de las preferencias, el tipo de análisis es estructural y se cambian el sistema de unidades con el comando **/unist, si**

Se calcula la deformación que tendrá nuestra figura, calculando esfuerzo máximo.

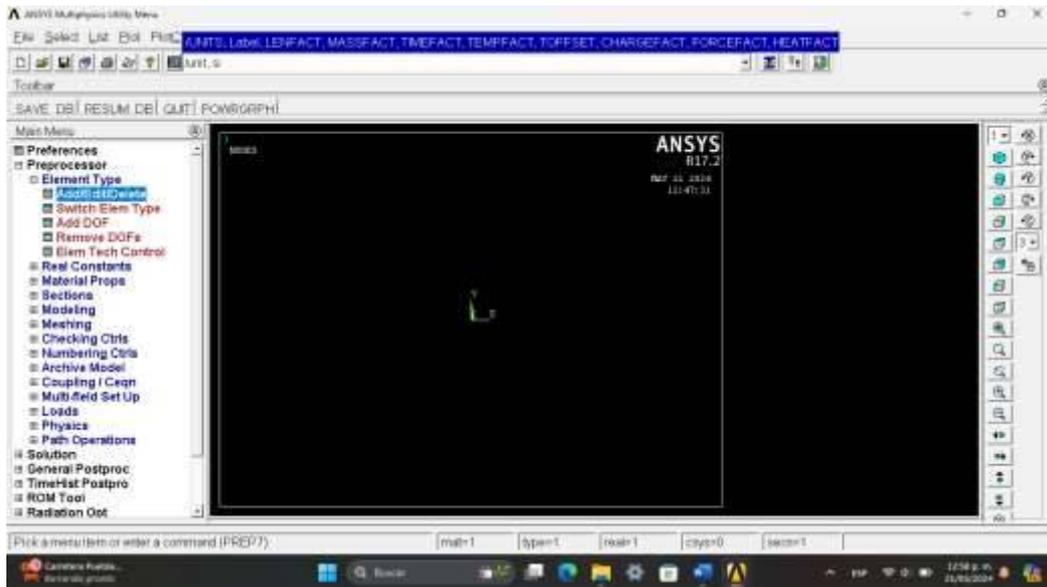


Ilustración 2 programa Ansys

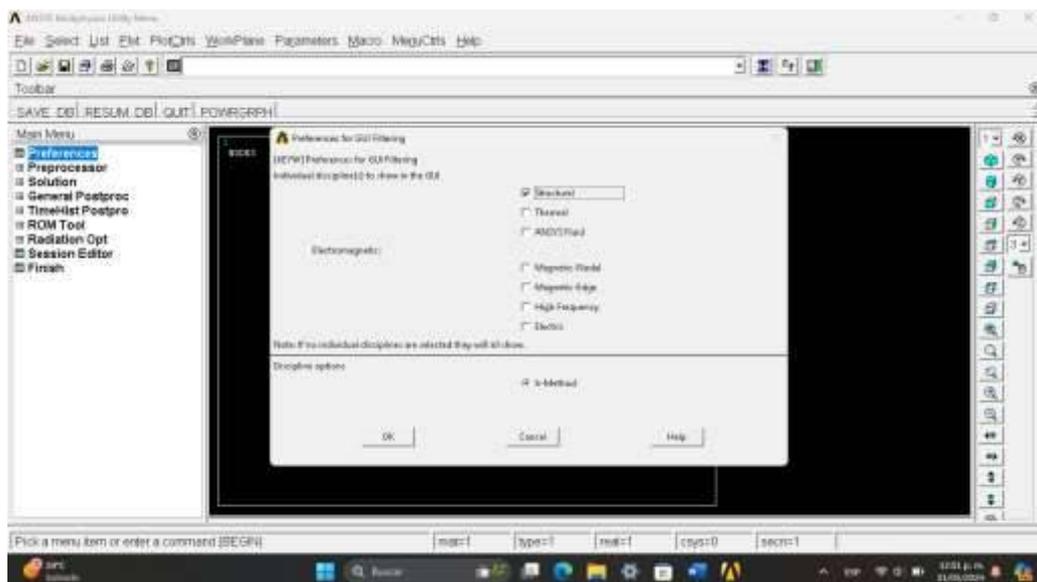


Ilustración 3 menú ANSYS

Se selecciona el tipo de elemento, en este caso estaremos trabajando con vigas de 188.

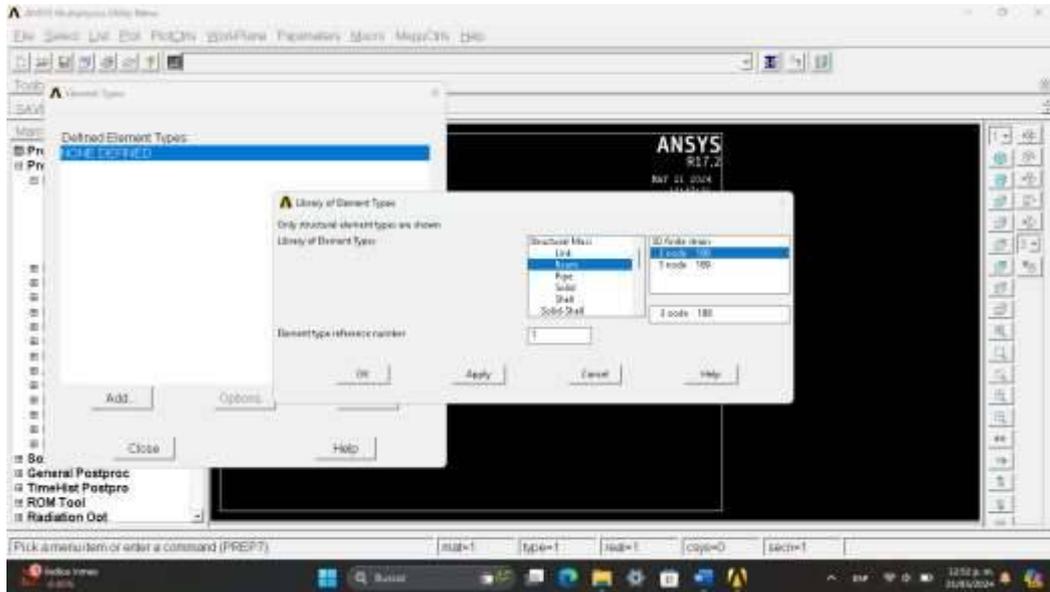


Ilustración 4 selección de vigas

Se definen las propiedades de los materiales, de la siguiente manera,

Líneas

Elástico

Isotrópico

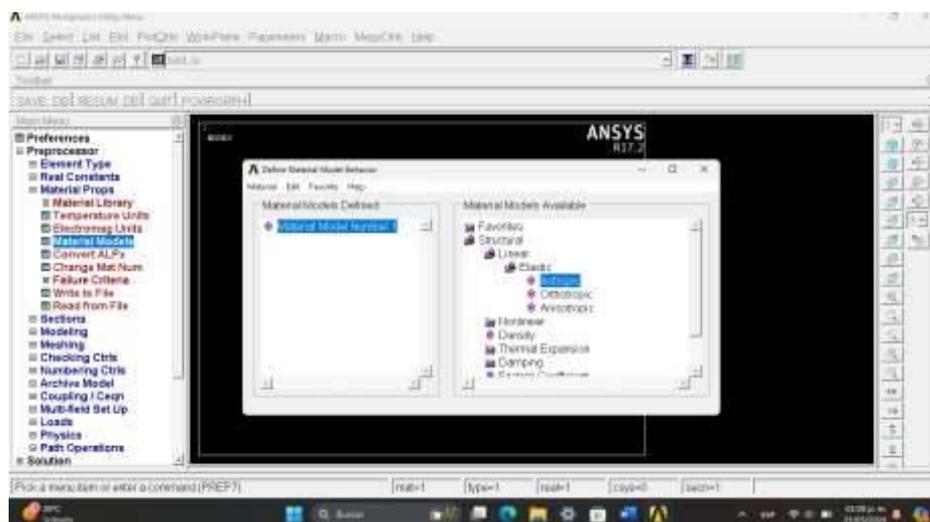


Ilustración 5 Propiedades de los materiales

En EX – se coloca 2.1e11 y en PRXY 0.3

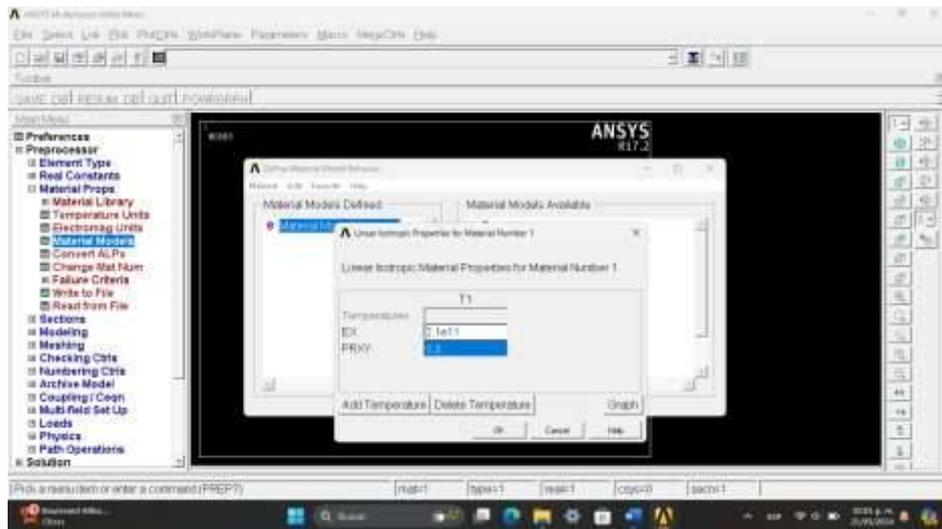


Ilustración 6 ejes encontrados

En la ventana de comando se verifican las propiedades.

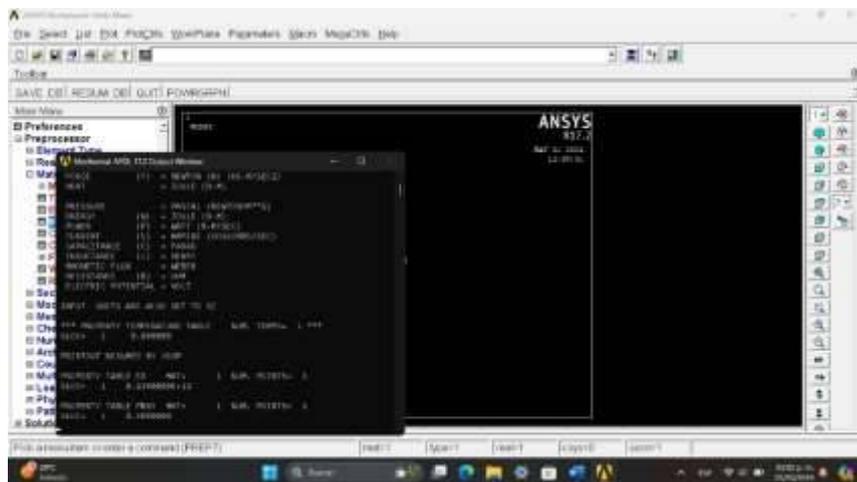


Ilustración 7 menú de propiedades

Se elige la sección transversal, beam> secciones comunes, selecciona el circular, se coloca el radio de 0.152. Las divisiones perimetrales N de 12 y T de 8, sirven para calcular la distribución de los esfuerzos de las vigas. (Alfa omega, 2013)

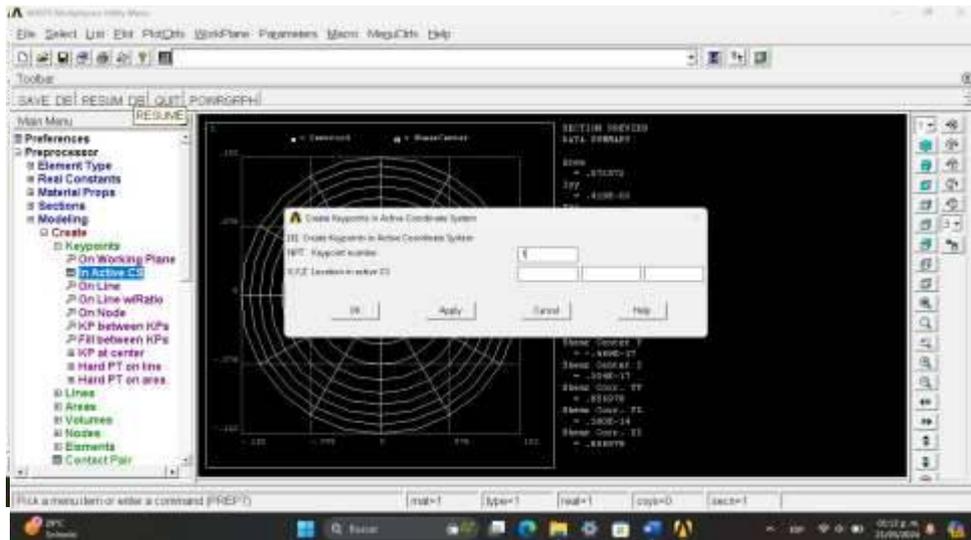


Ilustración 8 divisiones perimerales

Seleccionamos Meshview y esto genera las divisiones

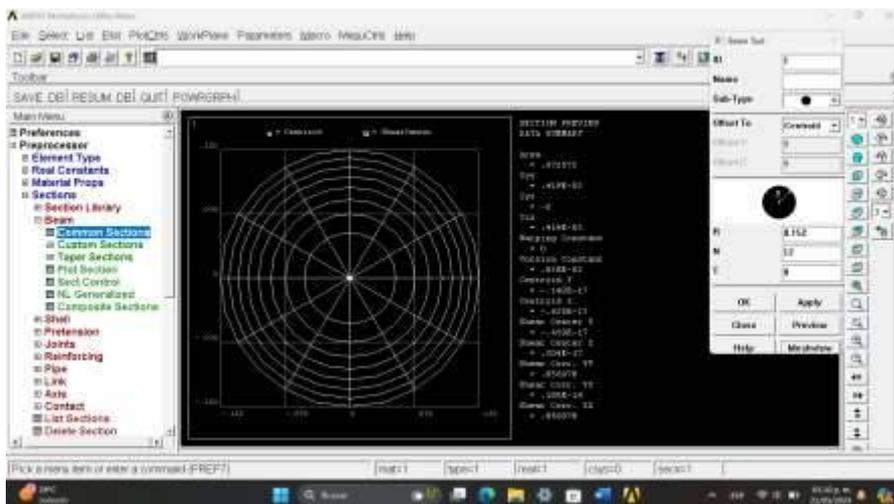


Ilustración 9 Nodos y elementos

Se definen los nodos y los elementos

Selecciona Keypoints en el primer recuadro de x, esto es:

$$1 > 0,0,0$$

$$2 > 8, 0, 0$$

3 > 16,0,0

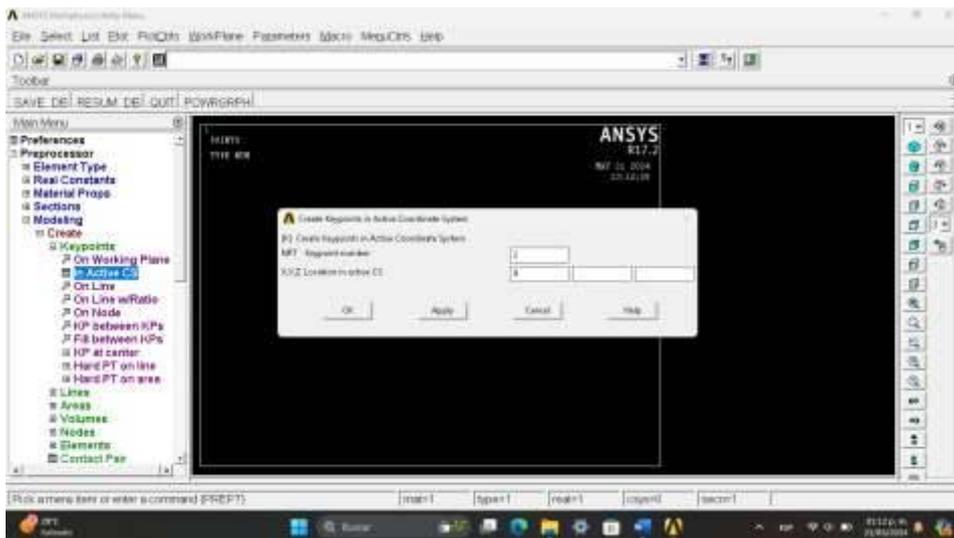


Ilustración 11 definición de nodos y elementos

Es 2 > 8,0,0

En 3 > 16,0,0

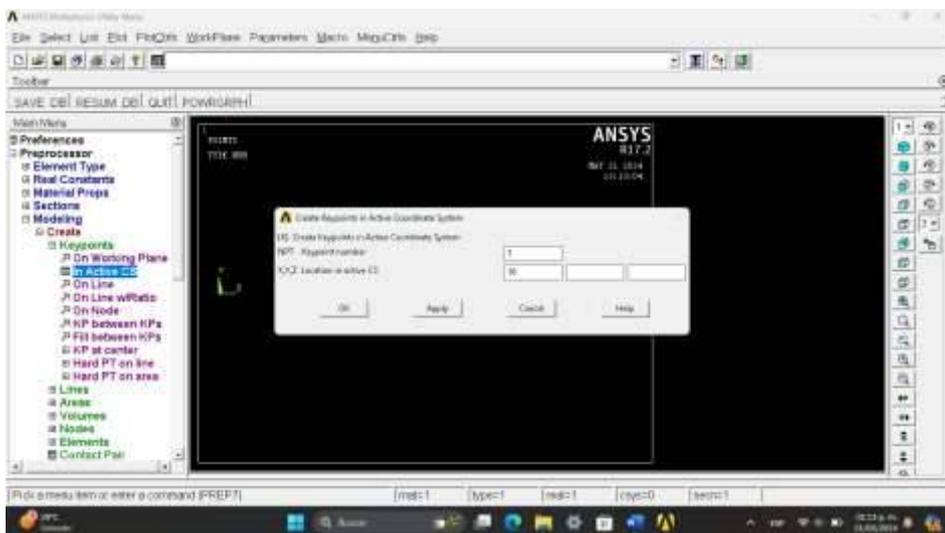


Ilustración 12 Puntos generados

En este punto ya están generados los Keypoints

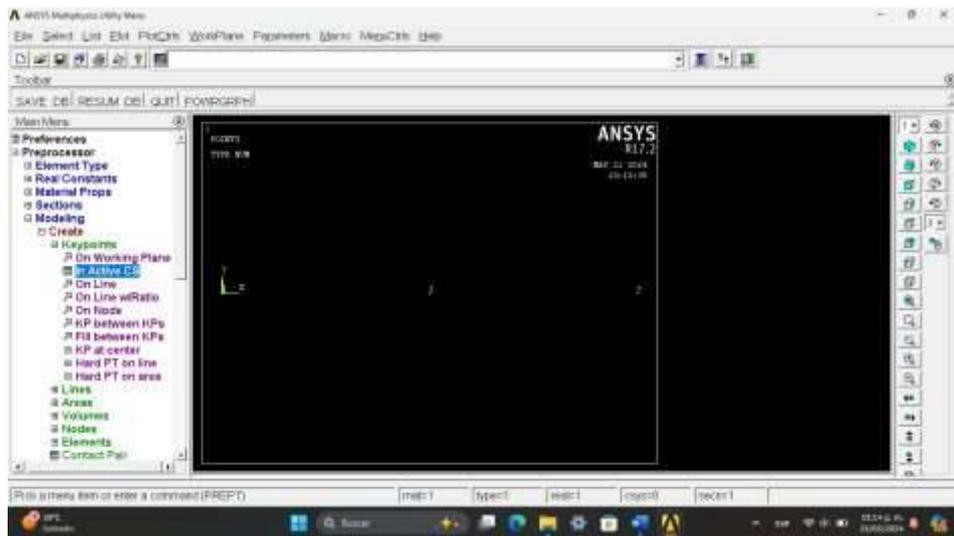


Ilustración 13 Puntos generados

En el siguiente paso se crean líneas, In active coord y se selecciona de par en par



Ilustración14 creación de líneas

Se selecciona el uno con el dos y el dos con el tres y queda de la siguiente manera:

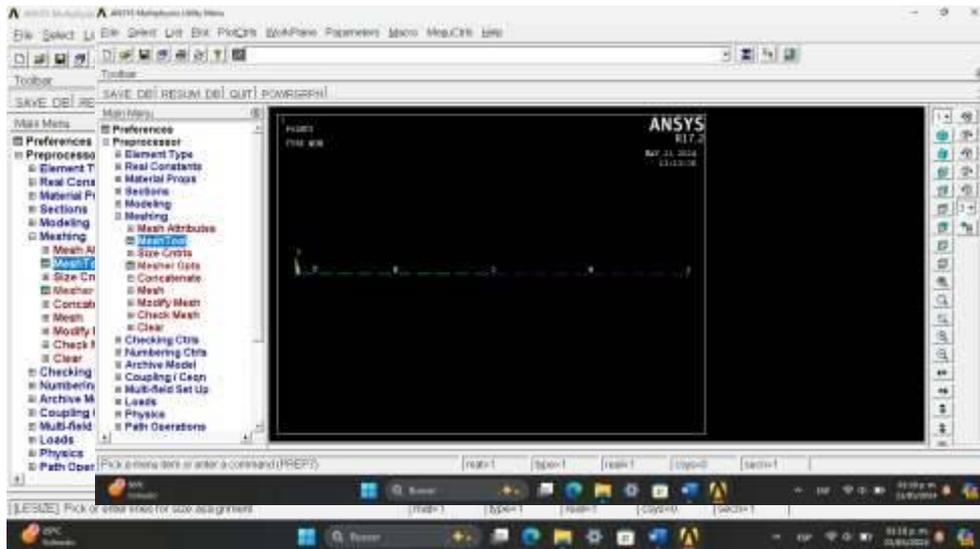


Ilustración 15 selección de líneas

Después se realizan las mallas y se selecciona Meshing > Mesh tool y aparece una tabla, en la cual se selecciona líneas > set.

En número de divisiones es 10, la cual es una vista previa

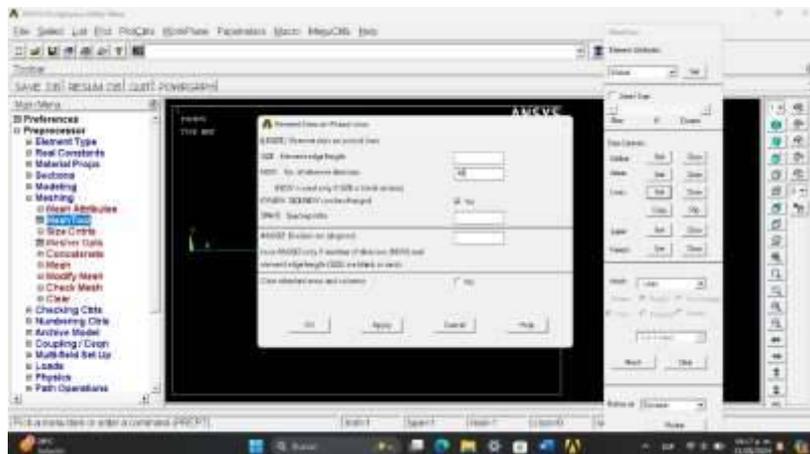


Ilustración 16 Número de divisiones

Después de haber dividido la línea en 10, quedan de la siguiente manera:

Se observa una vista previa.

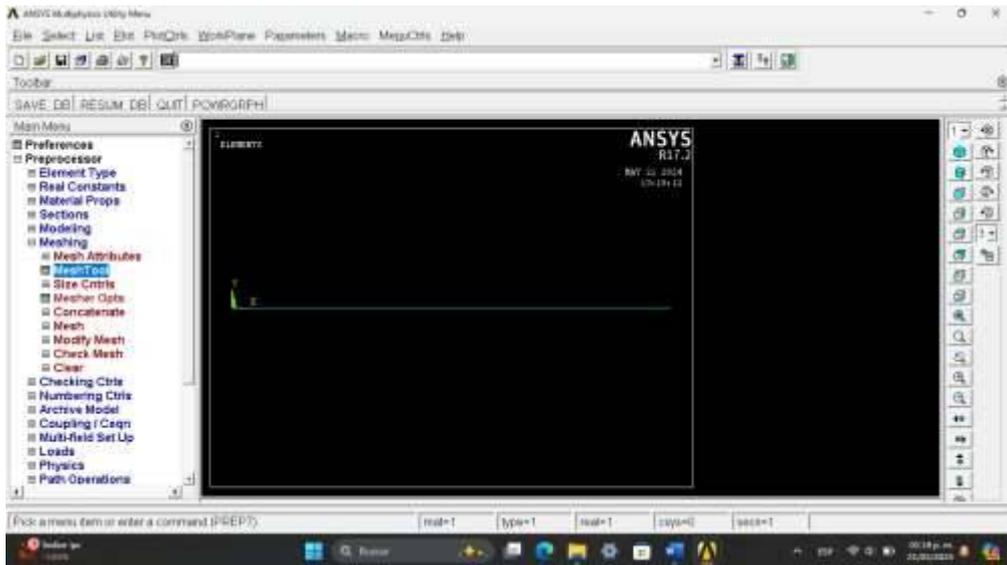


Ilustración 18 Vista previa

Se hace la numeración y se selecciona el número de elementos:

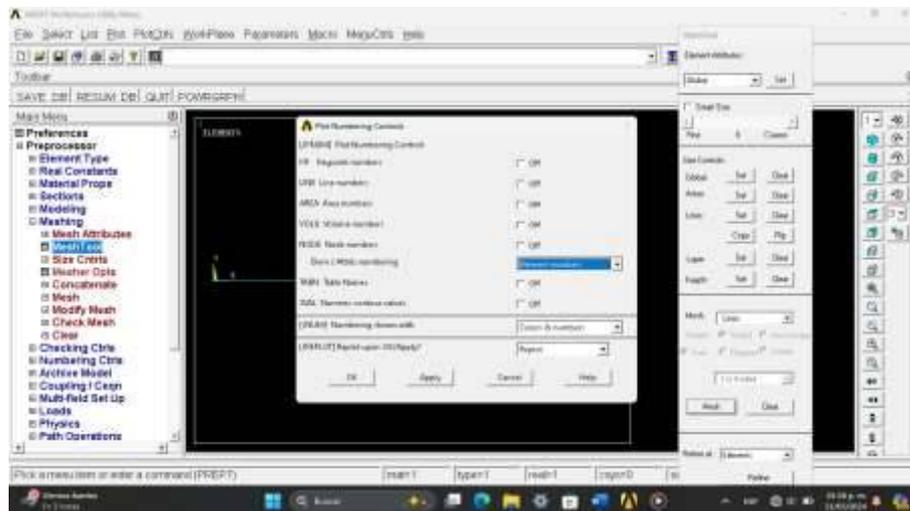


Ilustración 19 número de elementos

Así queda después de seleccionar el número de elementos:

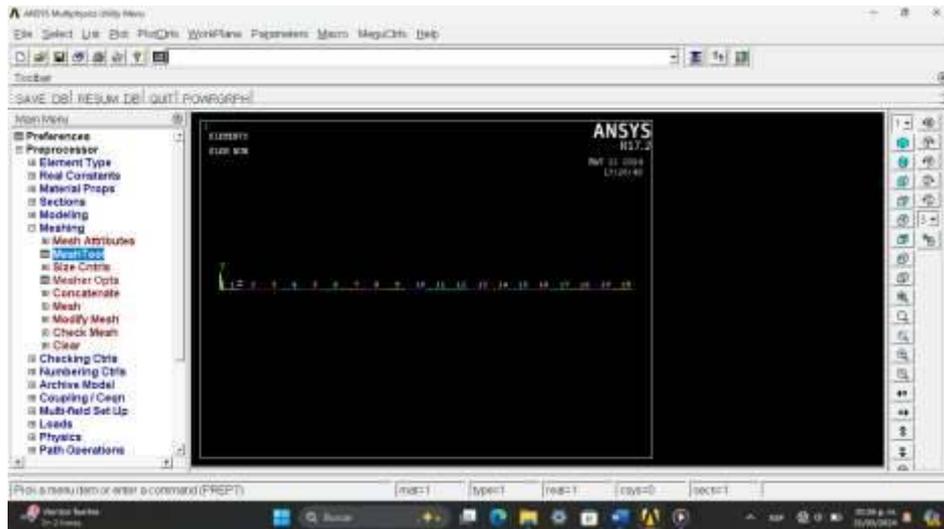


Ilustración 20 números de elementos

Se realiza el tipo de análisis estático

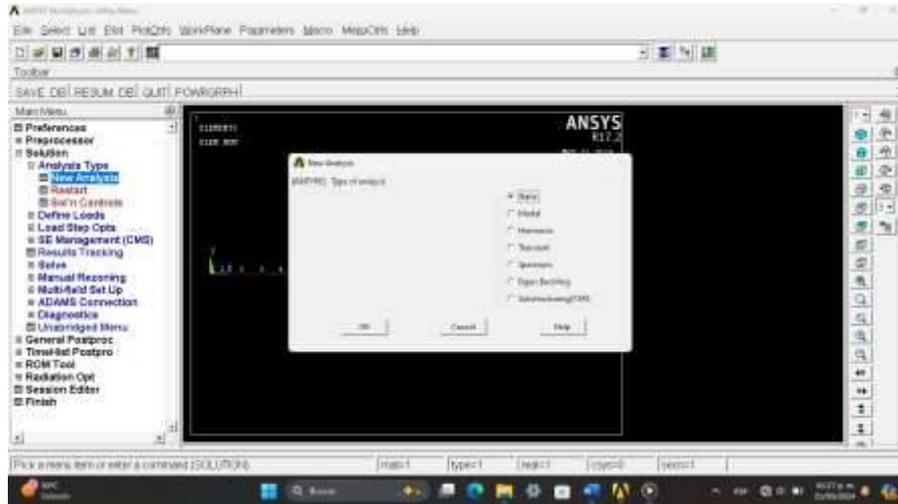


Ilustración 21 Análisis estático

Se definen las cargas, se aplican en los nodos y selecciona el primer nodo

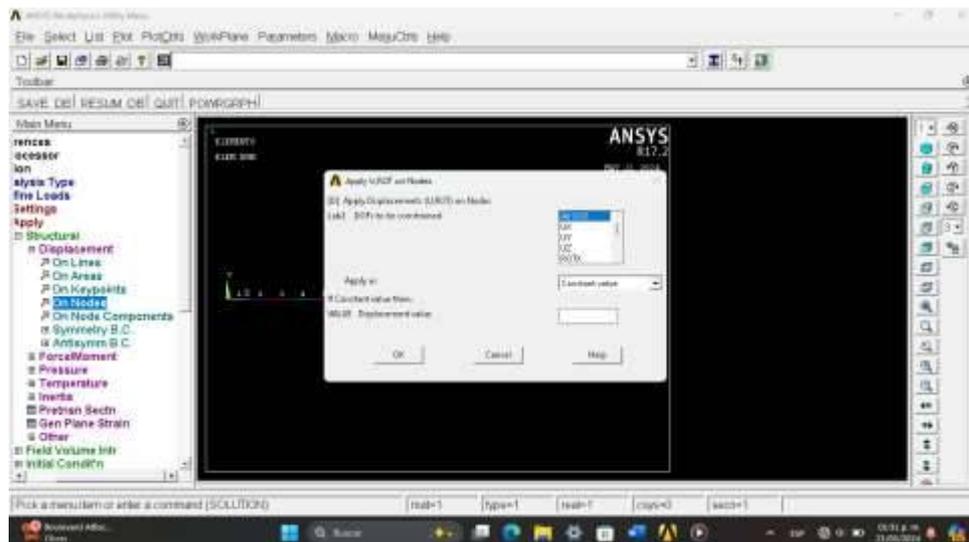


Ilustración 22 Definición de cargas

Se muestran las cargas aplicadas en el primer nodo:

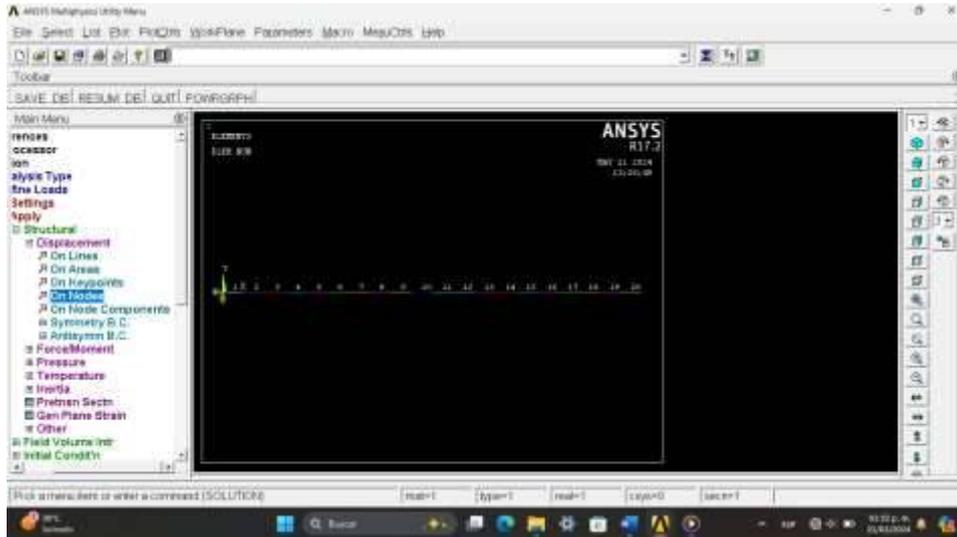


Ilustración 23 cargas aplicadas

Para aplicar en el segundo nodo, se seleccionan los grados de libertad X y Y:

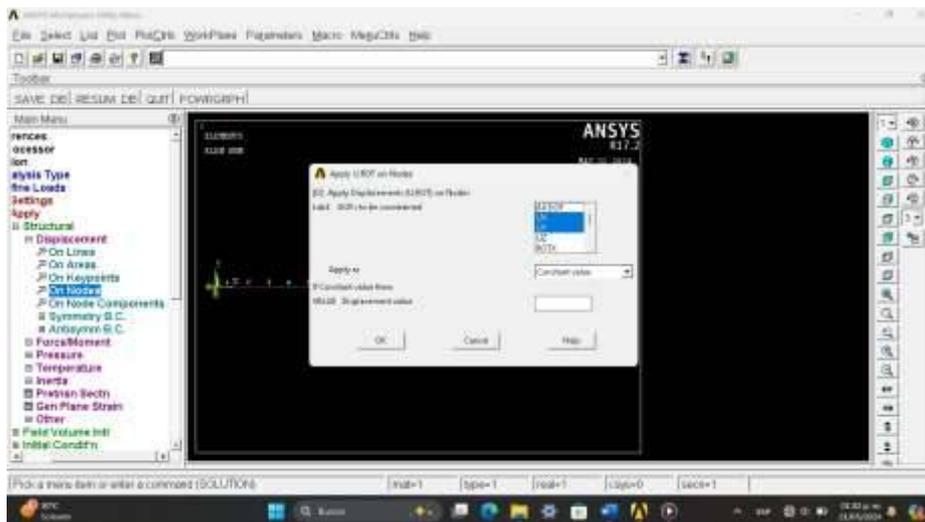


Ilustración 24 Aplicación de segundo nodo

Y de esta manera se establecen las condiciones de frontera:

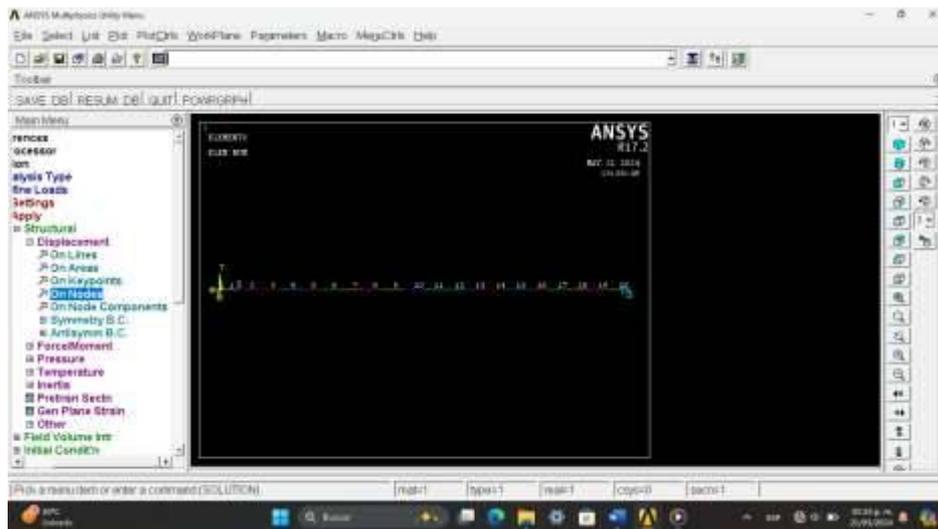


Ilustración 25 condiciones de frontera

Se aplican las cargas en vigas,

Load key: 2

Los valores de presión son 3000 en los dos recuadros.

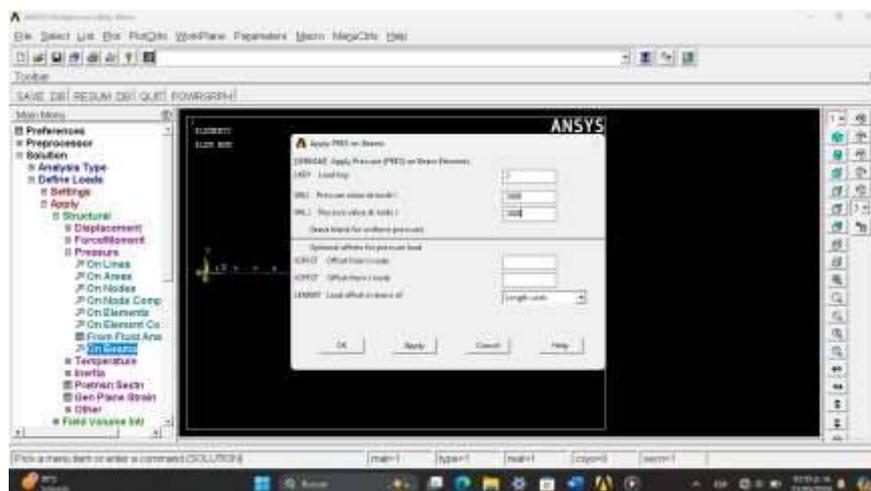


Ilustración 26 Valores de presiones

Queda de la siguiente manera;

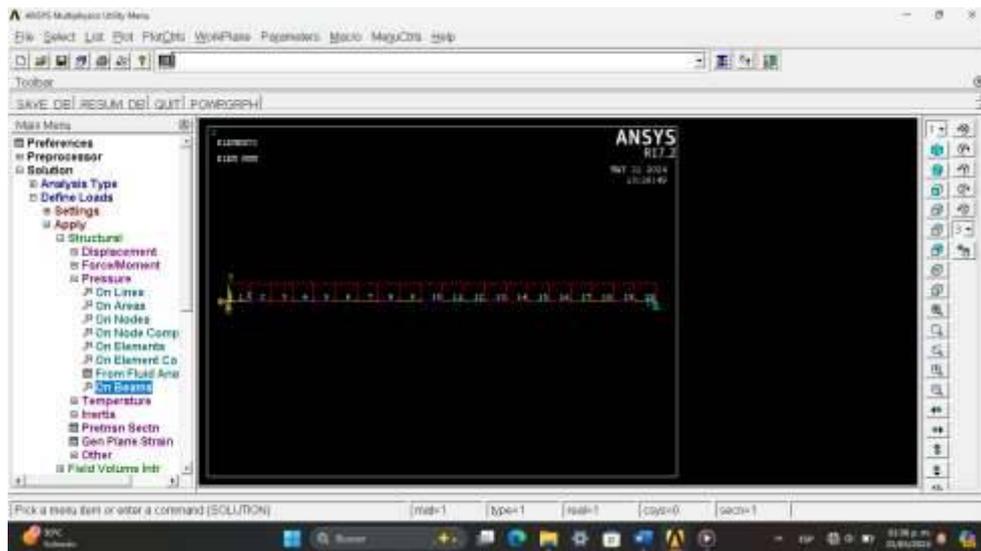


Ilustración 27 Fuerza agregada en ansys

Después es agregada una fuerza > On Keypoints y es seleccionado el de en medio.

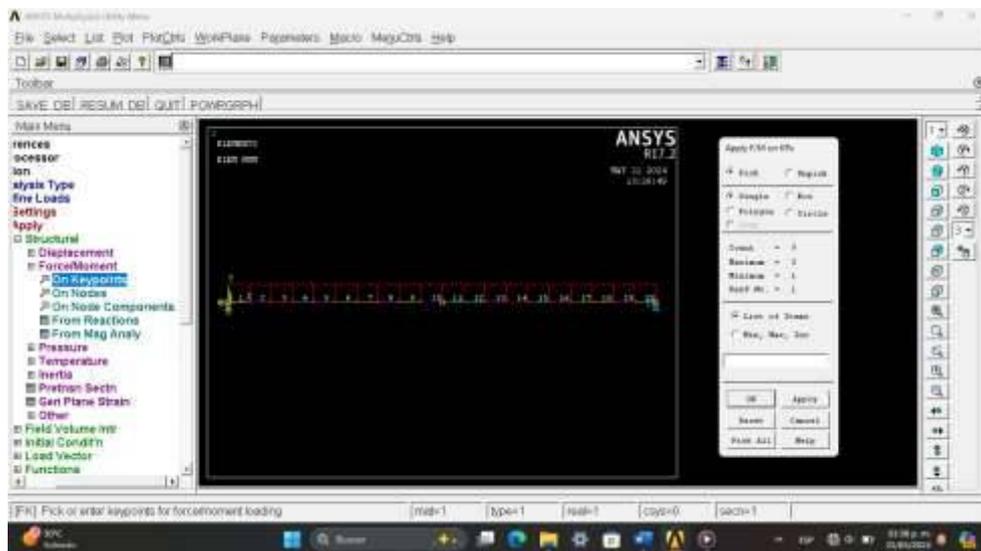


Ilustración 28 fuerza agregada

Se selecciona la fuerza aplicada en Y la cual es de $-12e3$

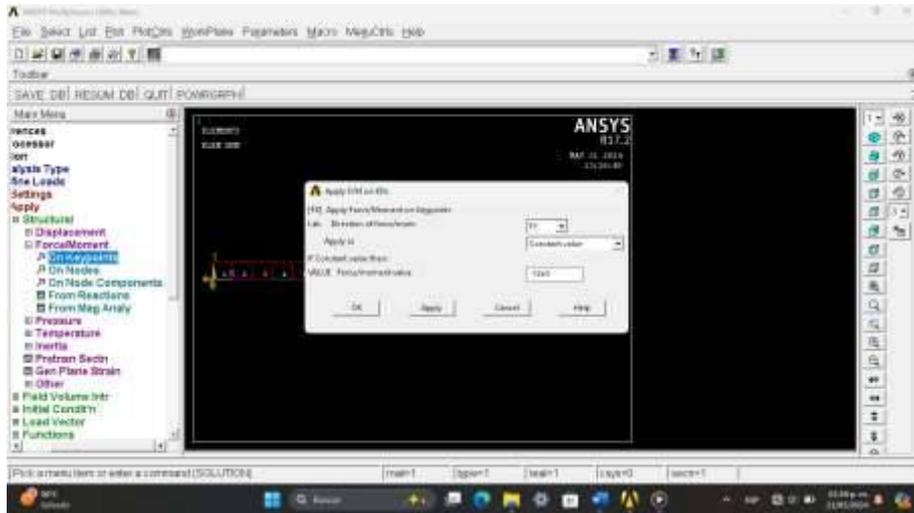


Ilustración 29 Fuerza aplicada en Y

Y finalmente se realiza la solución:

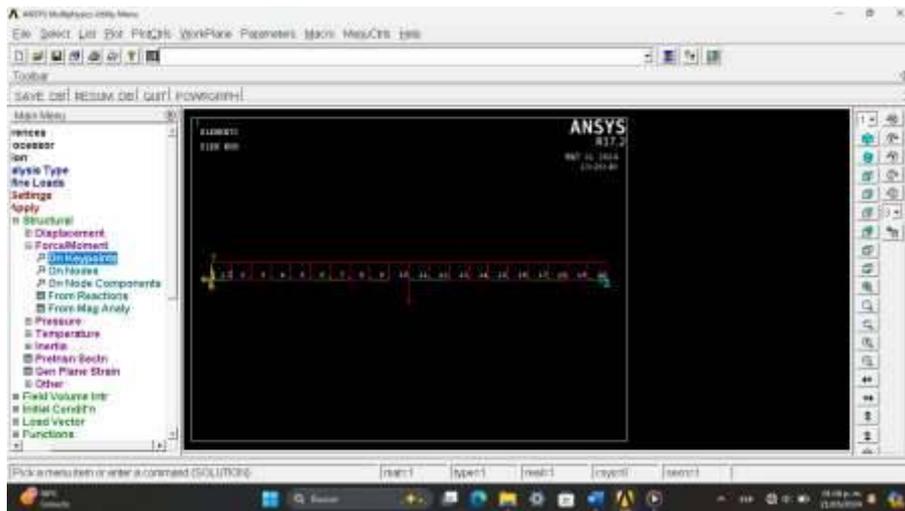


Ilustración 30 Solución

Se muestra la deformación:

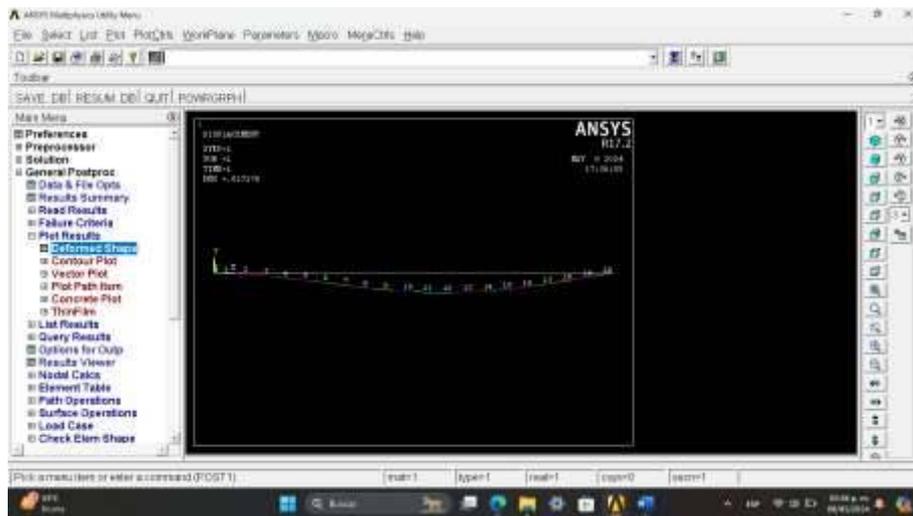


Ilustración 31 Deformación

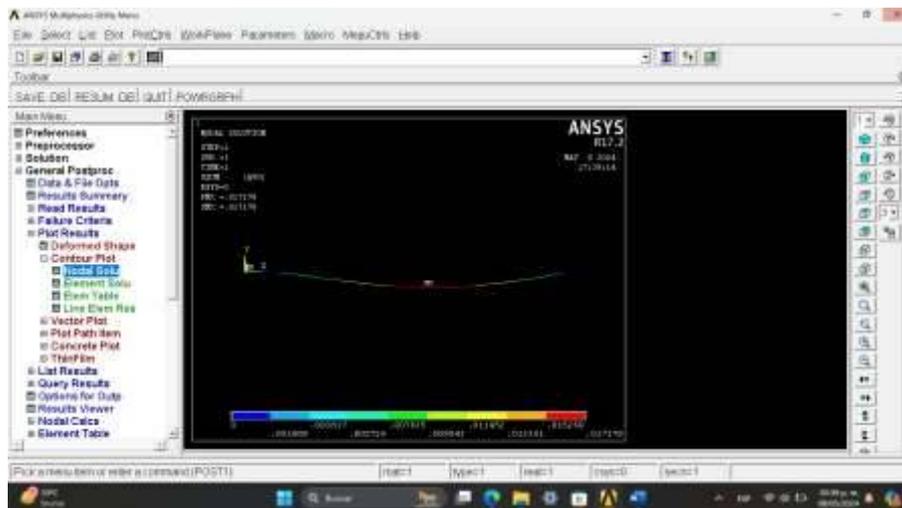


Ilustración 32 Resultado final

Productos comprometidos

Se considera como resistencia a tensión, f_t , de un concreto el promedio de los esfuerzos resistentes obtenidos a partir de no menos de cinco ensayos de 15 x 30 cm cargados diametralmente, ensayados de acuerdo con la norma NMX-C-163. (Infraestructura educativa, 2014)

Módulo de deformación mínimo: .001909

Módulo de deformación máximo: 0.17178

La longitud de nuestra viga es de 8.0m x 4.0m lo cual es demasiado elevado para un esfuerzo máximo resistente.

La resistencia a la tensión por flexión o módulo de rotura no reducido, f_t se puede suponer igual a:

$$1.5 \sqrt{f_c} = 0.75x^2$$

El módulo de elasticidad del acero de refuerzo ordinario, se supondrá igual a 2×10^6 kg/cm²; el de torones de pres fuerza se supondrá de 1.9×10^6 kg/cm². (Graciano, 2017)

La distribución de esfuerzos de compresión en el concreto, cuando se alcanza la resistencia de la sección, es uniforme con un valor f_c igual a 0.17178 hasta una profundidad de la zona de compresión igual a $\beta_1 c$.

Donde:

$$\beta_1 = 0.17178 \quad \text{si } f_c \leq 305.91 \text{ Kg / cm}^2$$

$$\text{Por lo tanto: } f_t = 0.17178 = 0$$

El diagrama esfuerzo-deformación unitaria del acero de refuerzo ordinario, sea torcido en frío, puede idealizarse por medio de una recta que pase por el origen, con pendiente igual a E_s y una recta horizontal que pase por la ordenada correspondiente al esfuerzo de fluencia del acero, f_y . En aceros que no presenten fluencia bien definida, la recta horizontal pasará por el esfuerzo convencional de fluencia.

Conclusión

Como conclusión, debido al diseño de la viga, la cual fue en veinte secciones transversales, como se obtuvo un valor de compresión de 0 y de acuerdo a la normativa indica que esta viga no es segura para aplicarse en el área de construcción. Por lo anterior se propone en un futuro disminuir las áreas de sección transversal.

Bibliografía

ALBORNOZ, SALOMÓN CLAUDIO GUTIÉRREZ. 2020. *ANÁLISIS DEL DISEÑO A FATIGA EN DETALLES DE REFUERZO DE VIGAS DE ACERO MEDIANTE ELEMENTOS FINITOS.* Santiago de Chile : s.n., 2020.

Alfa omega. 2013. *Diseño de estructuras de acero .* s.l. : Mc CORMAC, 2013.

Análisis estadístico para validar la simulación por elemento finito en el diseño a deformación de una viga en voladizo. **R., Edwin. 2021.** 6, s.l. : Polo del Conocimiento, 2021, Vol. 6.

Carlos Graciano, Octavio González. 2017. Resistencia de vigas esbeltas de acero inoxidable bajo cargas. [aut. libro] Roberts y A. C. *Strength of stainless steel girders under concentrated loads using finite element analysis.* Colombia : s.n., 2017.

CUEVas, ISAIS. 2021. UAQ. [En línea] 24 de marzo de 2021.

Diseño óptimo de estructuras mediante el programa de elementos finitos ANSYS:.

Myriam Rocío PALLARES MUÑOZ, Wilson RODRÍGUEZ CALDERÓ. 2007. 4, Bogotá Colombia : s.n., 2007, Vol. III.

Fornons, José María. 1982. *el método de los elementos finitos en la ingeniería de las estructuras.* España : Universidad politecnica , 1982. 7.

Graciano, Asdrubal. 2017. *Resistencias de vigas esbeltas de acero inoxidable bajo cargas concentradas mediante elementos finitos.* s.l. : Revista UIS Ingenierías , 2017.

Infraestructura educativa. 2014. Seguridad estructural. [aut. libro] Infraestructura educativa. *Diseño de estructuras de concreto.* México : Normatividad e investigación , 2014, pág. 116.

Jaramillo, Hector Enrique. Diseño mecánico por elementos finitos.

Kassimali, Aslam. 2015. *Análisis estructural*. Australia : Cengage, 2015. 5.

Lizarza, Juan Tomás Celigüeta. 2000. *Método de los Elementos Finitos para análisis estructural*. España : Tecnun, 2000.

Perez, Pilar Ariza Moreno Andrés Saéz. 2004. *Método de los elementos finitos* . Sevilla : Universidad de Sevilla , 2004. 1.

Victor H, Marcelo T. 2009. *Diseño de vigas compuestas mediante elementos finitos. Mecánica Computacional*. Florencia : s.n., 2009. 9.

Zienkiewicz, Olgierd Cecil. 1982. *El método de los elementos específicos* . Barcelona : Reverté, 1982.



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE SAN ANDRÉS TUXTLA

DOCENTE: JOEL FRANCISCO PAVA CHIPOL

ASIGNATURA: MÉTODOS DE ELEMENTOS FINITOS

INTEGRANTES EL EQUIPO:

ARIANA LINARES ZUÑIGA N.C#211U144

DANIEL MONTAN COMI N.C#211U0149

JOHAHAM JOSE XALA OLMEDO N.C#211U0564

ENRIQUE HERNANDEZ OLEA N.C#211U142

ITAN DANIEL AMOR FACUNDO N.C#211U0125

CARRERA INGENIERIA ELECTROMECANICA

SEMESTRE 602 -B

FECHA Y LUGAR DE ENTREGA: 06-06-2024

SAN ANDRÉS TUXTLA

RESUMEN

SIMULACIÓN DE UNA ESTRUCTURA SEMÁFORO CON VIGAS.

Se analizar una estructura mediante la implementación de un modelo basado en un marco de vigas. Se consideran los semáforos como pesos aplicados puntualmente en los nodos, tomando en cuenta la parte inferior del marco empotrada al piso. Se detallan las características de los elementos, como el módulo de Young, la relación de Poisson y la densidad. Se mencionan las secciones y cómo calcular los diámetros internos y externos para los tubos con los que se trabajará.

Se explica cómo generar los nodos y aplicar cargas en la estructura, así como la modelación usando elementos viga para obtener la deflexión, fuerzas en cada miembro y esfuerzos. Se muestra el proceso de modelado en el software ANSYS definiendo secciones transversales, propiedades del material y nodos. Se establecen las condiciones de frontera y las cargas, se resuelve el modelo y se analizan los resultados, visualizando la estructura deformada y sin deformar. Se listan los resultados, se verifica la reacción en los nodos y se generan tablas para analizar las fuerzas y esfuerzos en los elementos. Se grafican los resultados de las fuerzas y esfuerzos en los miembros de la estructura

Finalmente, se detalla el proceso de guardar y analizar los resultados obtenidos, mostrando la reacción para cada nodo y los esfuerzos en los elementos. Se destaca la importancia de verificar y analizar detalladamente los resultados para generar informes precisos.

Determinar la estructura del semáforo y este ejemplo amplía el análisis estructural del marco a tres dimensiones.

ANTECEDENTES

Sistema de semaforización inteligente para el control de flujo vehicular mediante el procesamiento de imágenes” indica que: La necesidad de una movilidad vehicular sostenible hace necesario el desarrollo e implementación de nuevas tecnologías con la finalidad de mejorar el tráfico vehicular en muchos aspectos como mayor fluidez, reducción en accidentes entre otros. La importancia del diseño de un sistema de semaforización inteligente radica en mejorar el congestionamiento vehicular mediante el procesamiento digital de imágenes para controlar el tiempo de las fases de los semáforos en dependencia al número de vehículos existentes en la vía. El sistema está formado por tres fases fundamentales: adquisición (las cámaras), el procesamiento (el ordenador y la aplicación) la placa de control (tarjeta Arduino), los semáforos y la interfaz del sistema. El presente proyecto de investigación tuvo como objetivo analizar la viabilidad de un prototipo de semáforos

inteligente con sensores de proximidad para el cantón Montecristi, estableciendo que este tipo de sistemas de semaforización es factible para implementarlo en un futuro a largo plazo garantizando conformidad y satisfacción a los conductores que atraviesan esta vía, resolviendo así la problemática que se presenta en la avenida Metropolitana en cuanto al fuerte congestionamiento vehicular terrestre que se genera en este cantón, principalmente por la poca actualización y mantenimiento que los semáforos actuales reciben , reduciendo así el tiempo de espera de los vehículos que transitan por esta avenida.

El semáforo busca lograr un tránsito ordenado y seguro. Para ello es necesario un previo estudio del lugar a instalar el semáforo y el tráfico de este. La ingeniería de tránsito determina teóricamente la manera en que los semáforos deben funcionar. Cuando la instalación de semáforos se justifica, pero está mal proyectada o, ni siquiera se justifica e igualmente se instalan.

En su concepto básico el semáforo no contempla lo que sucede en otras intersecciones. Con la evolución del tráfico el problema dejó de ser local y, en ciertos lugares, es necesario estudiar lo que sucede aguas arriba y aguas debajo para poder garantizar un tránsito fluido. La coordinación o sincronización es la encargada de determinar cómo se relacionan semáforos contiguos para asegurar que un vehículo encuentre la menor cantidad de semáforos en rojo y evitar así la mayor cantidad de paradas posibles.

Debido a la ausencia de una publicación que reuniese los aspectos más relevantes sobre semáforos y en el marco académico sobre ingeniería de tránsito de los cursos de pregrado y posgrado en Vías y Transporte de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín, se ha preparado este documento como guía introductoria a dicho tema. En su preparación se han recogido los tópicos principales de varias publicaciones internacionales y nacionales, además, su desarrollo ha considerado la experiencia del autor lograda en algunos trabajos de diseño de planes de programación, asesoría en el suministro e instalación de equipos para semáforos. En la preparación de este texto se ha considerado el capítulo 9 de la tesis de grado, "Adiciones y mejoras al Manual de dispositivos para la regulación del tránsito en calles y carreteras de Colombia" (soporte técnico) para optar al título de Magister en Ingeniería de Tránsito y Transporte de los Ingenieros Juan Amado Lizarazo y Mauricio Pineda Rivera en la Universidad del Cauca de 1988.

Se presenta una métrica integral que permite evaluar el acercamiento verde de un experimento dado, lo anterior a partir de su respectivo diagrama de flujo; en este se integran tanto el tratamiento y la disposición de los residuos, además de considerar los riesgos para la salud, el ambiente y la seguridad utilizando los pictogramas y rombos de seguridad de reactivos, sustancias auxiliares, productos y residuos. También se muestra una carta de 13 colores (del rojo al verde) en los sistemas RGB y CMYK que indican el número de principios de la química verde que cumple cada

experimento, y que se utilizan como color de fondo en los componentes del diagrama.

En una ciudad como Barcelona, en la que la densidad del tráfico es tan grande, es importante tener una buena gestión semafórica. Uno de los puntos más influyentes en la gestión, es la sincronización y duración de las fases de los semáforos. En el caso de poder gestionar remotamente dichos parámetros, se podría gestionar el tráfico de manera inteligente y sostenible, siendo más eficiente. Hoy en día, gracias a la tecnología, es posible interactuar con el equipamiento urbano de manera remota. El problema es que en el barrio de Sant Martí no se podía hacer porque no están bien estructurados los grupos semafóricos. Si además de este problema se incorporas el tráfico del tranvía, hace que sea más necesaria una reestructuración. En este trabajo se propone comenzar por reorganizar los grupos de semáforos que afectan al tranvía, dado que es una pieza importante en la movilidad. El tranvía mueve una gran cantidad de la población y es importante que su trayecto sea fluido.

El controlador electrónico va a ser utilizado para determinar las secuencias de trabajo de los semáforos vehiculares y peatonales cumpliendo con los requerimientos y normas estipuladas en el Reglamento Técnico Ecuatoriano del INEN para la semaforización usando como herramienta principal el microcontrolador P|C16F887 junto a un teclado matricial 4x4 por el cual se escoge el ciclo de trabajo deseado y los tiempos de las luces: rojo, amarillo y verde proporcionados por el usuario el cual se va a visualizar a través de un Lcd 2x16. El diseño de las estructuras de los semáforos va a ser realizado con el software de dibujo AutoCAD de acuerdo con todos los requerimientos establecidos, basados en las dimensiones de los circuitos impresos que irán colocados estratégicamente en la dicha estructura. El diseño del soporte del semáforo será de igual manera realizado en base a las distintas condiciones en las que estará operando en el parque vial.

La Investigación desarrolla un Sistema de Semáforo Inteligente (SSI), basado en lógica difusa, que según la densidad vehicular capturada por cámaras web, permiten organizar los cambios de luces en función de las condiciones que se presenten en la zona. La razón de este trabajo es regular el tráfico vehicular con un Sistema de Semáforos Inteligentes que otorguen tiempos variables dependiendo de la densidad vehicular en tiempo real. De esta manera el estudio disminuirá en gran medida la congestión vehicular que actualmente genera caos vehicular en la Ciudad de Chiclayo. Este trabajo es una aplicación dentro del campo de la Inteligencia Artificial, específicamente dentro de Lógica difusa, está basado en visión por computador, cámaras web que permiten la entrada de datos, lenguaje de programación Python, para el procesamiento de imágenes algoritmos de visión, como es OpenCV y Highgui, así como del Microcontrolador PIC 18F2550 que permiten en gran medida disminuir la congestión como principal propósito de la investigación.

El presente artículo se propuso desarrollar la implementación de una red de semáforos sobre un sector ausente de ellos, debido a la generación de embotellamientos por falta de control vehicular. Para ello se desarrolló un sistema automático encargado de regular el flujo de vehículos de acuerdo con los requerimientos; esto se generó al observar qué variables se deben tener en cuenta. Por tanto, se empleó una metodología práctica para la toma de flujo vehicular en las calles de interés. Dicha metodología consistió en alimentar el software de mando haciendo el respectivo control, que es regulado en tiempo real; por otro lado, este realiza predicciones de acuerdo con el flujo obtenido en la semana anterior, con el fin de determinar los tiempos de marcha y paro de los semáforos. La programación se realizó por medio del lenguaje PYTHON, se empleó un Framework llamado FLASK, que determina la parte visual y analítica del desarrollo. La lógica programada se desarrolló con PLC, el cual se encargó de la parte del funcionamiento, esto es el encendido, el apagado, la toma de datos en tiempo real y seguridades del hardware de los semáforos.

En esta investigación se busca desarrollar un sistema autónomo de monitoreo para un semáforo para controlar autónomamente los tiempos de espera y avance de varios cruceros en varias zonas que colindan con el Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles y atacar unos de los problemas sociales contemporáneos que es el tráfico conflictivo en horas pico. El sistema detectara por medio de sensores a los vehículos que vayan llegando a un cruce para que así con el algoritmo pueda determinar la combinación de tiempos de luz en los semáforos.

El objetivo de este trabajo es presentar una herramienta que ayude a establecer una buena política de cambio en los tiempos de luces de los semáforos en las horas pico, basado en los resultados experimentales que se brindan. Se considera un cruce regulado por semáforos que puede estar compuesto por n calles y tener k fases. Se propone un simulador cuyos datos de entrada son las características propias de esta intersección y su salida la cantidad de autos que quedan, llegan y salen en cada fase. Se supone que las llegadas y salidas de los vehículos siguen una distribución de Poisson cuyo parámetro puede variar en el intervalo estudiado. La simulación está basada en eventos discretos y para la implementación del simulador se utilizó la plataforma.

OBJETIVO GENERALES.

Implementar un sistema de semáforos con vigas que mejore la fluidez del tráfico vehicular en una intersección, reduciendo los tiempos de espera y la congestión coordinación de los semáforos con vigas, optimizando los tiempos de cambio de luces y adaptándolos a las condiciones del tráfico en tiempo real implementar un

sistema de semáforos con vigas que reduzca los tiempos de espera de los vehículos, disminuyendo así la congestión y los niveles de contaminación.

OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- ✓ Reducir y prevenir cierto tipo de accidentes en la intersección y en las intersecciones aledañas.
- ✓ Reducir las demoras que experimentan los peatones y vehículos al intentar cruzar la intersección, y al mismo tiempo evitar la obstrucción de las intersecciones más cercanas causado por colas largas.
- ✓ Reducir el consumo de combustible de los vehículos en la intersección.
- ✓ Reducir la emisión de contaminantes del aire de automotores y otros factores que empeoran el medio ambiente. Los dos primeros objetivos reciben generalmente la más alta prioridad en una intersección, y como es natural, interesa satisfacerlos con un mínimo de costo de instalación del sistema de semáforos.

ALCANCES

Investigar y abarcará desde el modelado inicial y la evaluación de condiciones de carga hasta la optimización y validación del diseño estructural de un semáforo. Las metas estarán centradas en desarrollar un modelo preciso y confiable, calcular y analizar los esfuerzos y deformaciones, y generar recomendaciones prácticas para mejorar la eficiencia y seguridad de los semáforos utilizando el software ANSYS. Este enfoque integral permitirá abordar todos los aspectos críticos del diseño y garantizar que los semáforos resultantes sean seguros, duraderos y eficientes.

- **Desarrollar un Modelo Preciso del Semáforo:**
 - Crear un modelo detallado del semáforo utilizando el software ANSYS.
 - Asegurar que el modelo represente fielmente las dimensiones, materiales y características estructurales reales del semáforo.

- **Calcular los Esfuerzos de Deformación:**
 - Realizar análisis estáticos y dinámicos para determinar los esfuerzos y deformaciones bajo diversas condiciones de carga fija.
 - Evaluar la respuesta estructural a diferentes escenarios de carga, incluyendo el tráfico, condiciones climáticas y situaciones de emergencia.

- **Optimizar el Diseño Estructural del Semáforo:**

-Identificar áreas del semáforo que pueden ser optimizadas para mejorar la resistencia y reducir el material utilizado sin comprometer la seguridad.

-Proponer modificaciones de diseño basadas en los resultados del análisis para aumentar la eficiencia y durabilidad del semáforo.

- Condiciones de Carga del Semáforo:

-Evaluar cargas permanentes, tales como el peso propio de la estructura del semáforo y el impacto del tráfico.

-Considerar cargas adicionales como las condiciones climáticas adversas y posibles situaciones de emergencia.

- Análisis de Esfuerzos y Deformaciones del Semáforo:

-Utilizar análisis de elementos finitos (FEA) en ANSYS para calcular los esfuerzos internos y las deformaciones del semáforo.

-Realizar simulaciones bajo diferentes condiciones para evaluar la robustez del diseño y garantizar su funcionamiento seguro y eficiente.

METAS

- Diseño Detallado:

- Crear un modelo 3D detallado y preciso del semáforo en ANSYS, incluyendo todas las partes y componentes relevantes para la simulación.

- Análisis Estructural:

-Realizar un análisis de elementos finitos en ANSYS para evaluar la resistencia estructural del semáforo bajo diferentes condiciones de carga, como viento, vibraciones o impactos.

- Optimización del Diseño

-Identificar áreas de mejora en el diseño del semáforo a través de la simulación en Ansys, con el objetivo de optimizar la eficiencia, durabilidad y seguridad del dispositivo.

- Validación de Desempeño:

-Verificar que el semáforo cumple con los requisitos de desempeño establecidos, como resistencia a la fatiga, estabilidad y comportamiento dinámico.

- Eficiencia Energética:

-Evaluar el consumo energético del semáforo y proponer mejoras en el diseño para aumentar la eficiencia energética y reducir el impacto ambiental.

6. Documentación y Presentación: Elaborar informes detallados de los resultados de la simulación en ANSYS y presentar las conclusiones de manera clara y concisa

MATERIALES Y METODOS

La figura muestra un marco que consta de secciones tubulares redondas de varios tamaños que soportan señales de tráfico. Se supondrá que las únicas fuerzas que actúan sobre el marco son los pesos de las señales, representados por las fuerzas P1-P4. Las propiedades del material para ASTM A36 son: Módulo de Young, $E = 200 \text{ GPa}$; el coeficiente posición = 0,26; y densidad = 7850 kg/m^3 .



Ilustración 1

Tamaños de secciones del marco de análisis de aquí se ocupará el diámetro que se sacará el radio se dividirá en 2. Y a la vez se multiplica con espesor del tubo

No. Sección	Diámetro exterior (m)	Espesor del tubo. (m)
1	0.40	0.07
2	0.25	0.05
3	0.25	0.05
4	0.20	0.04
5	0.20	0.04

Ilustración 2

Estas son las medidas que se ocuparan para hacer los nodos que se ocuparan 9 para hacer el semáforo y las unidades serán en metros.

Node no.	X	Y	Z
1	0	0	0
2	0	3.5	0
3	1.5	4.5	0
4	3.5	4.5	0
5	5.5	4.5	0
6	6.5	4.5	0
7	0	4.5	1.5
8	0	4.5	3.5
9	0	4.5	4.5

Ilustración 3

En estos nodos que se observan aquí se aplicaran cargas en total serian 4 cargas su valor es de -75 en dirección (Y) que es la vertical.

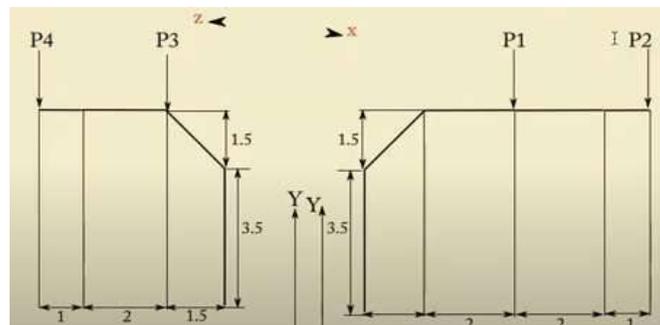


Ilustración 4

Se empezará hacer en ANSYS primero se va a preferencias para colocarlo en estructural el formato.

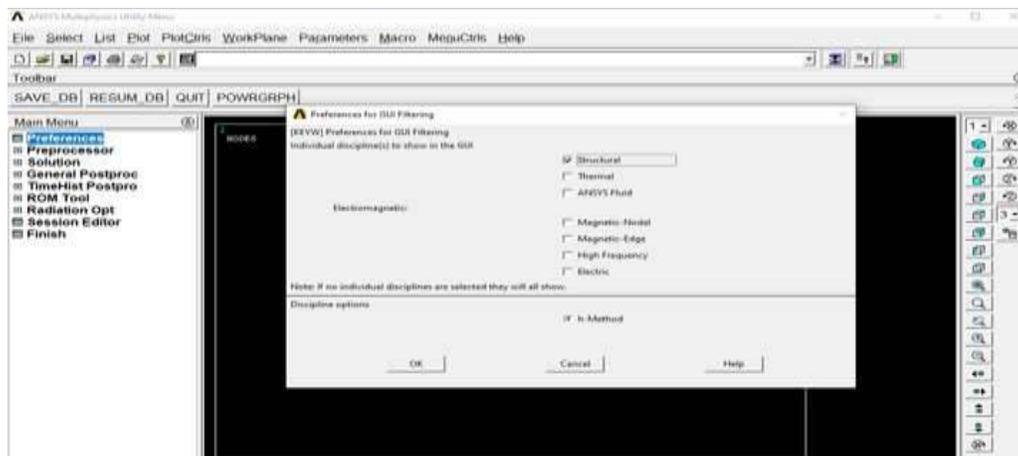


Ilustración 5

Se trabajará con el comando de: /units, si

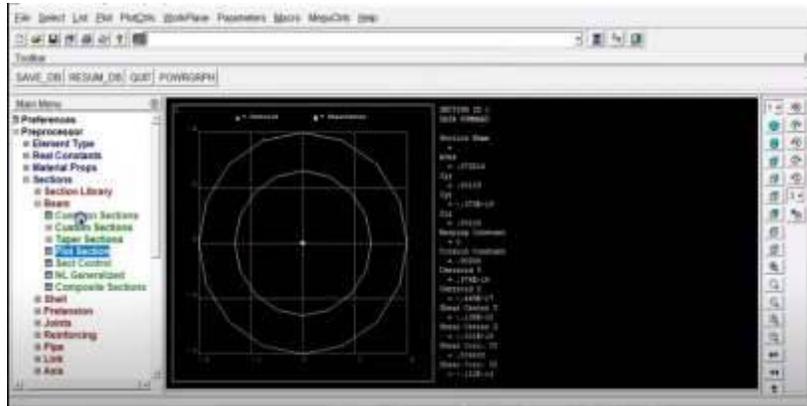


Ilustración 9

La segunda sección se realiza así con los siguientes valores:

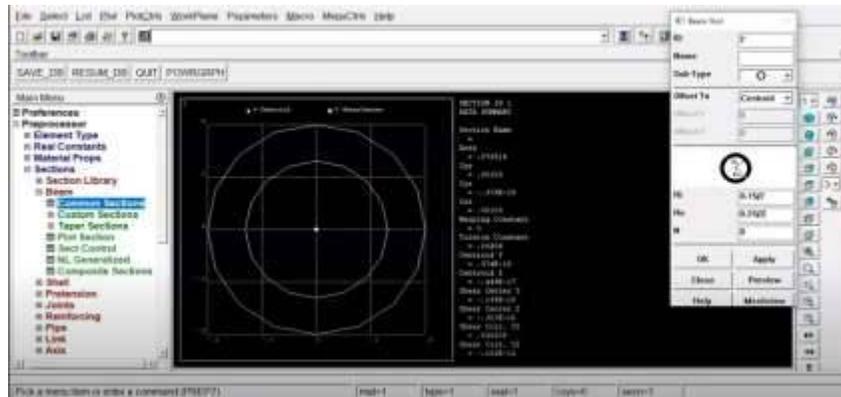


Ilustración 10

Tercera sección se realiza de la misma manera con diferentes valores:

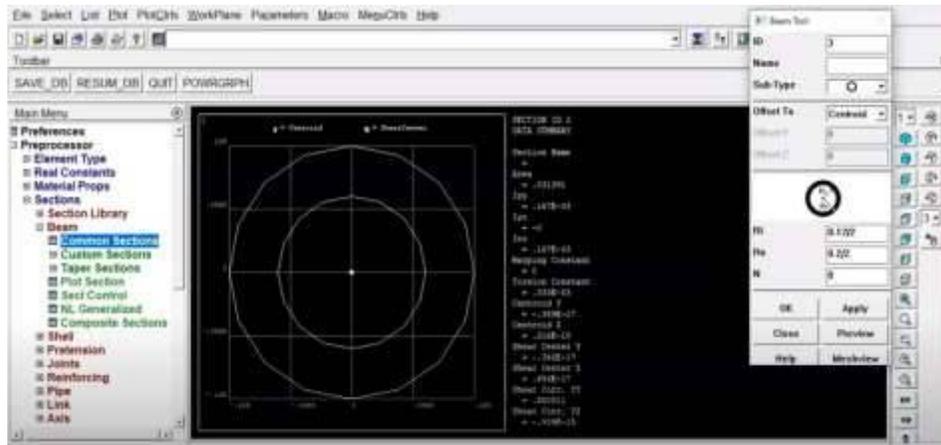


Ilustración 11

Se colocará la materia modelo que es strutural y isotropic se pone el modelo de elasticidad del material del acero que es de 200e9:



Ilustración 12

Se colocará también la densidad del material que es de 7850:

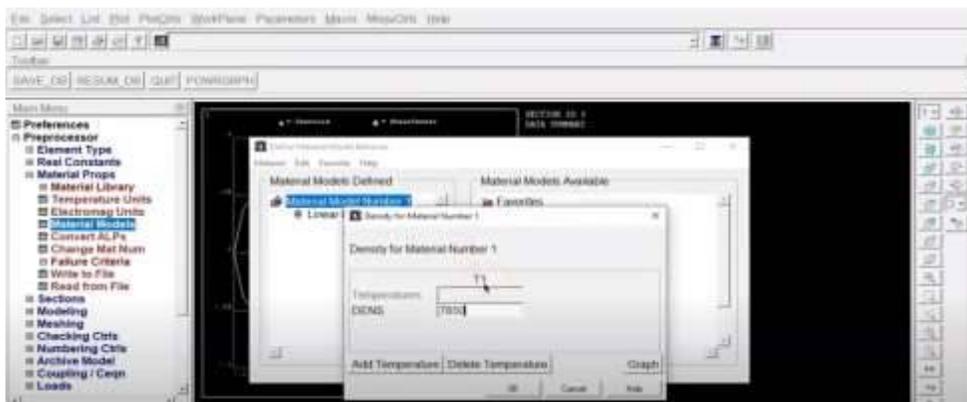


Ilustración 13

Realizaremos los nodos que serán los siguientes el nodo numero 1 x,y y z es de 0,0,0:

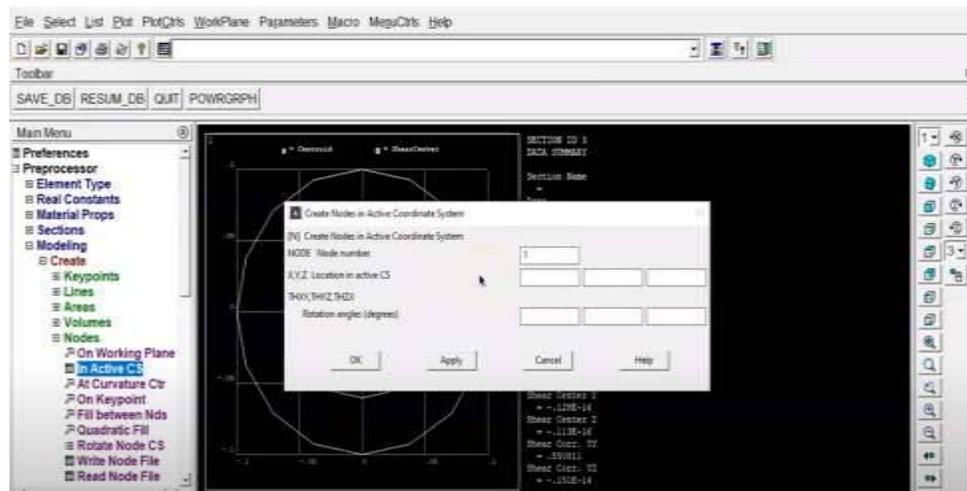


Ilustración 14

El nodo 2 en x, y y z de 0,3.5,0:



Ilustración 15

El nodo 3 es de x, y y z 1.5,4.5,0:



Ilustración 16

El nodo 4 en x, y y z son 3.5,4.5, 0:



Ilustración 17

El nodo 5 de x, y y z es de 5,5,4,5,0

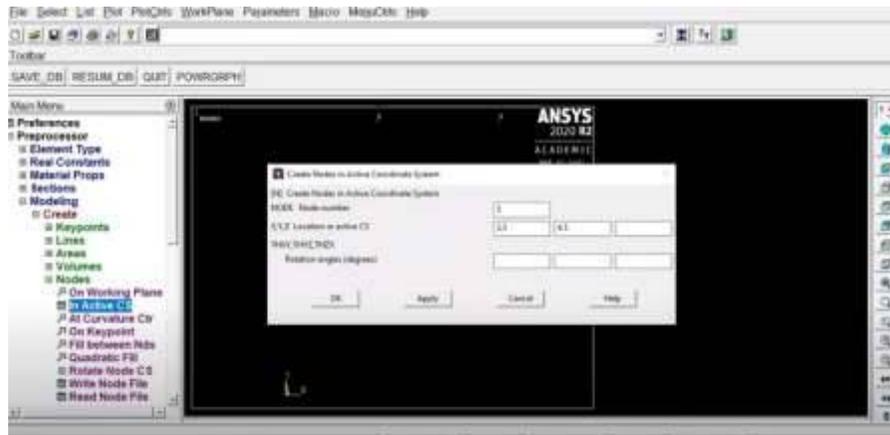


Ilustración 18

El nodo 6 de x,y y z es de 6,5,4,5,0:

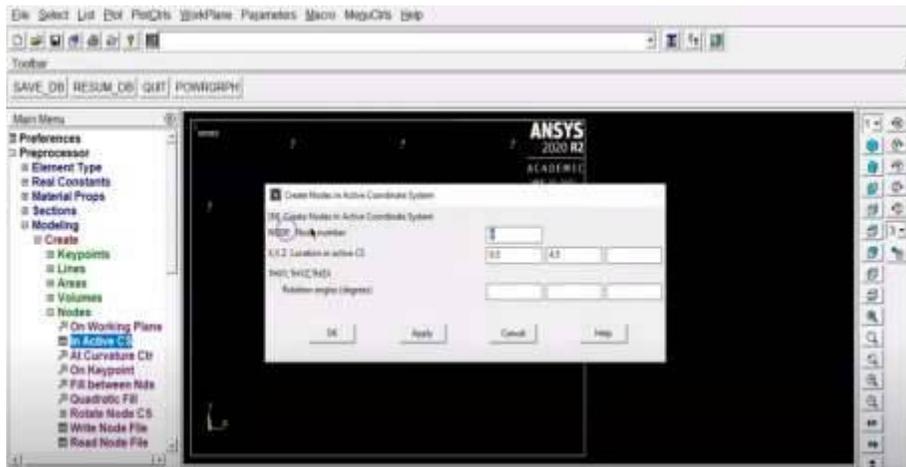


Ilustración 19

El nodo 7 en x, y y z son 0,4,5,1,5:

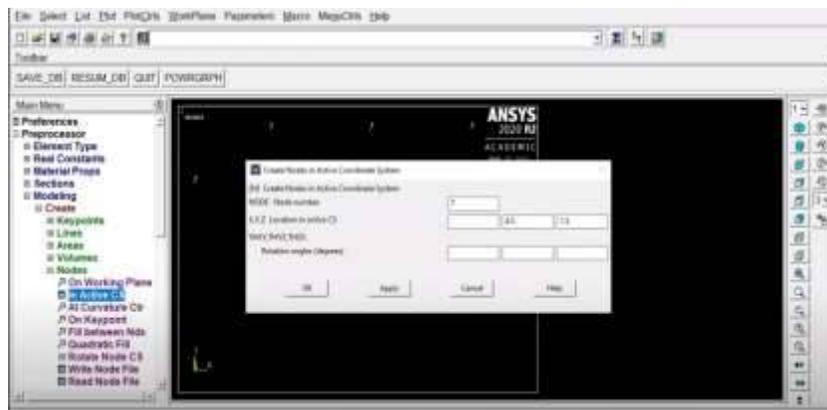


Ilustración 20

El nodo 8 x, y y z son de 0,4.5,3.5:

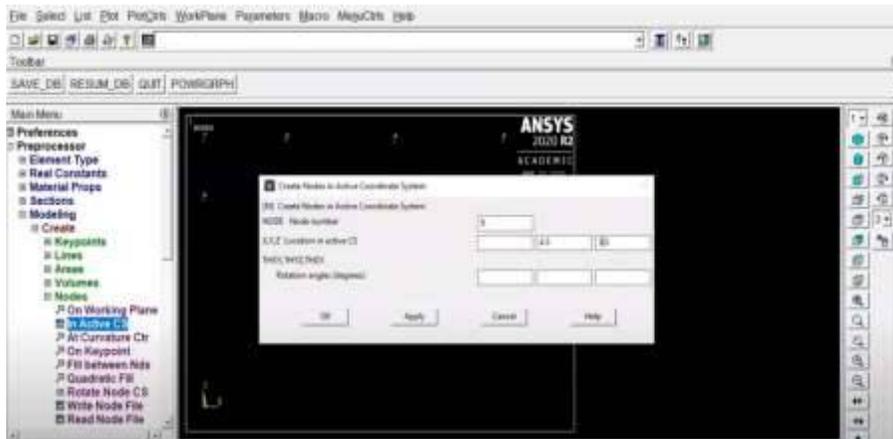


Ilustración 21

El nodo 9 en x, y y en z 0,4.5,4.5:

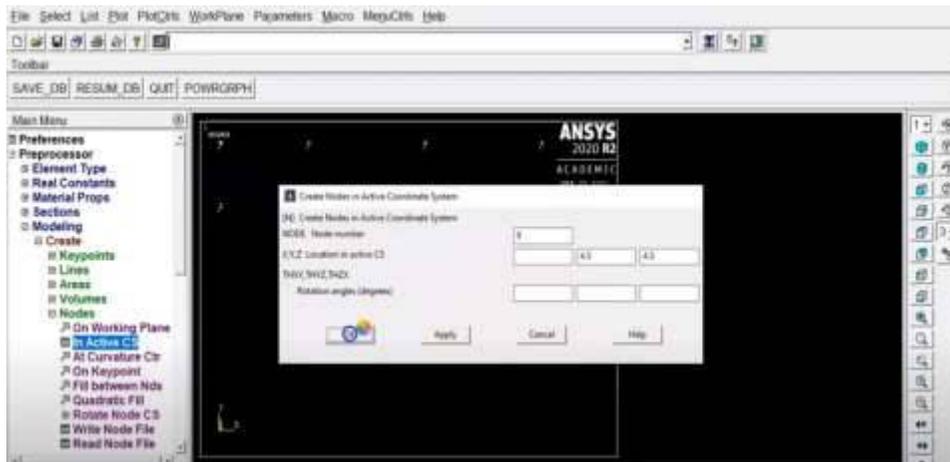


Ilustración 22

Y los nodos quedan de la siguiente manera:

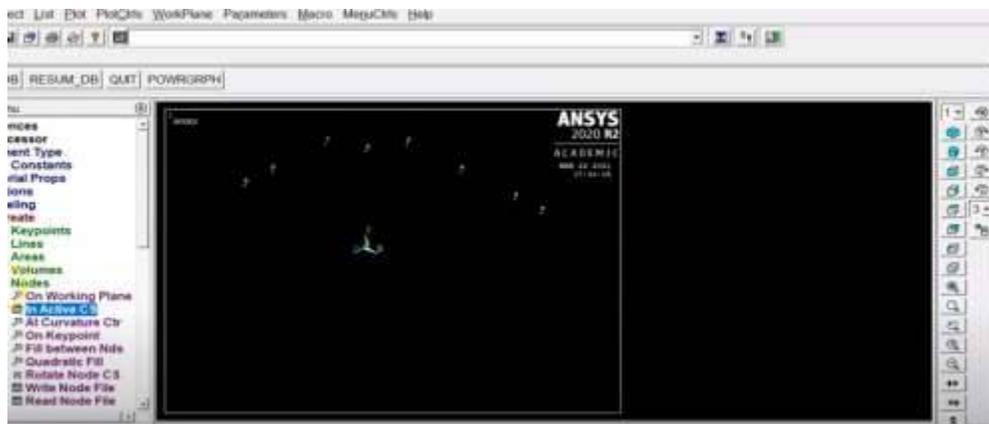


Ilustración 23

Por siguiente paso se dibujarán los elementos y se tiene en cuenta los elementos atributos para poder cambiar la sección de número para poder cambiar del 1 al 3:

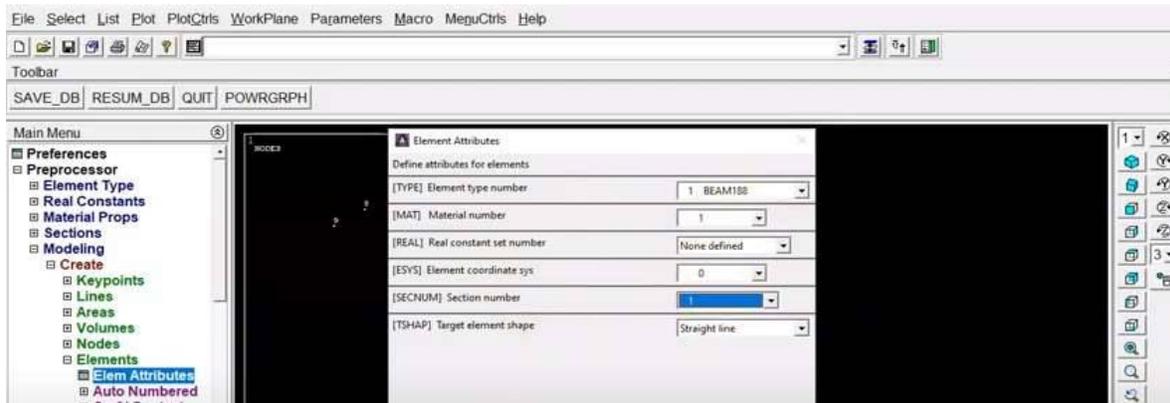


Ilustración 24

Nos vamos a auto numerado para empezar a colocarlos del 1 al 2:



Ilustración 25

Y a si se hará sucesivamente hasta terminar con los nodos y tener la estructura:

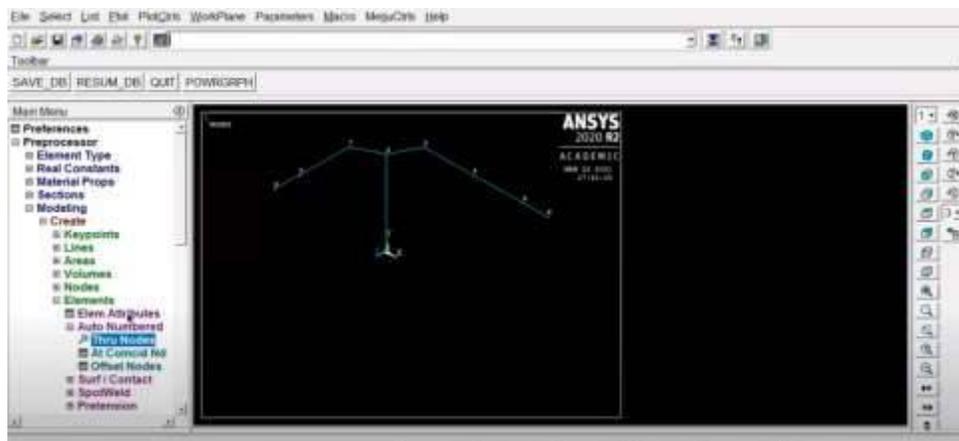


Ilustración 26

Ahora se colocarán las cargas nos vamos a crear y aplicar cargas y se pondrá en todos los grados de libertad:



Ilustración 27

Y están las cargas:

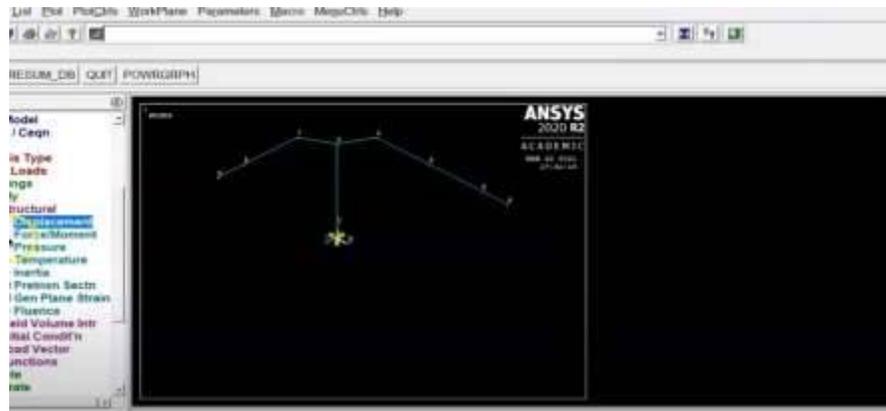


Ilustración 28

Y aplicaremos las fuerzas en el último nodo y el penúltimo y todas las fuerzas tienen la misma magnitud -75 en fuerza Y:

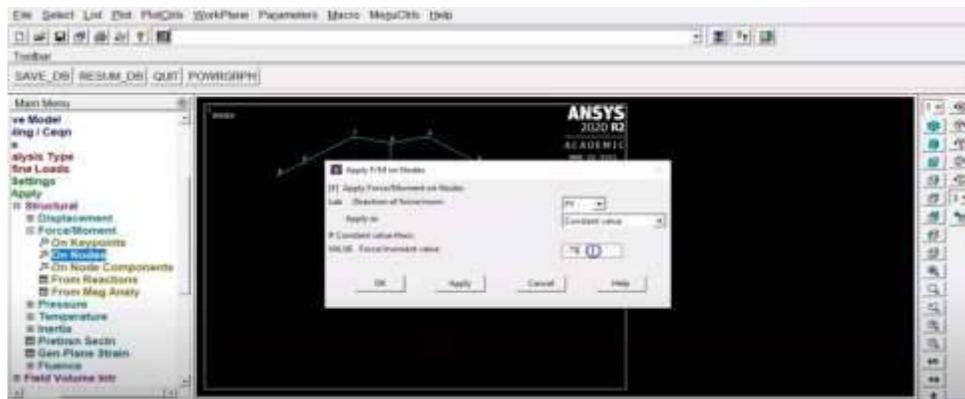


Ilustración 29

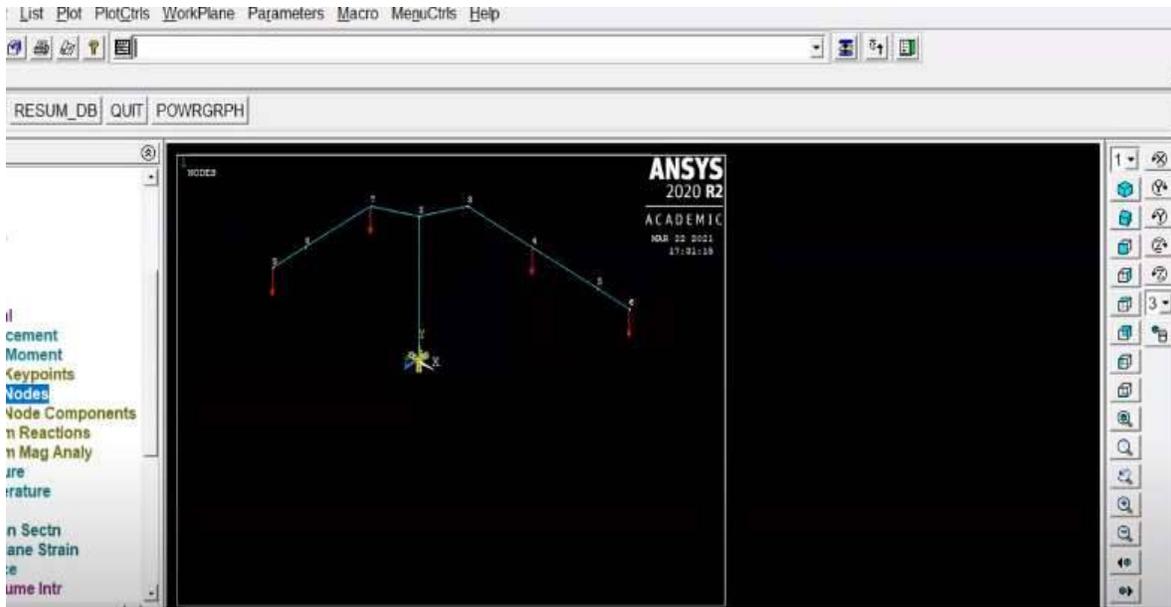


Ilustración 30

Por finalización nos vamos a análisis de los resultados en forma deformada y no deformada:

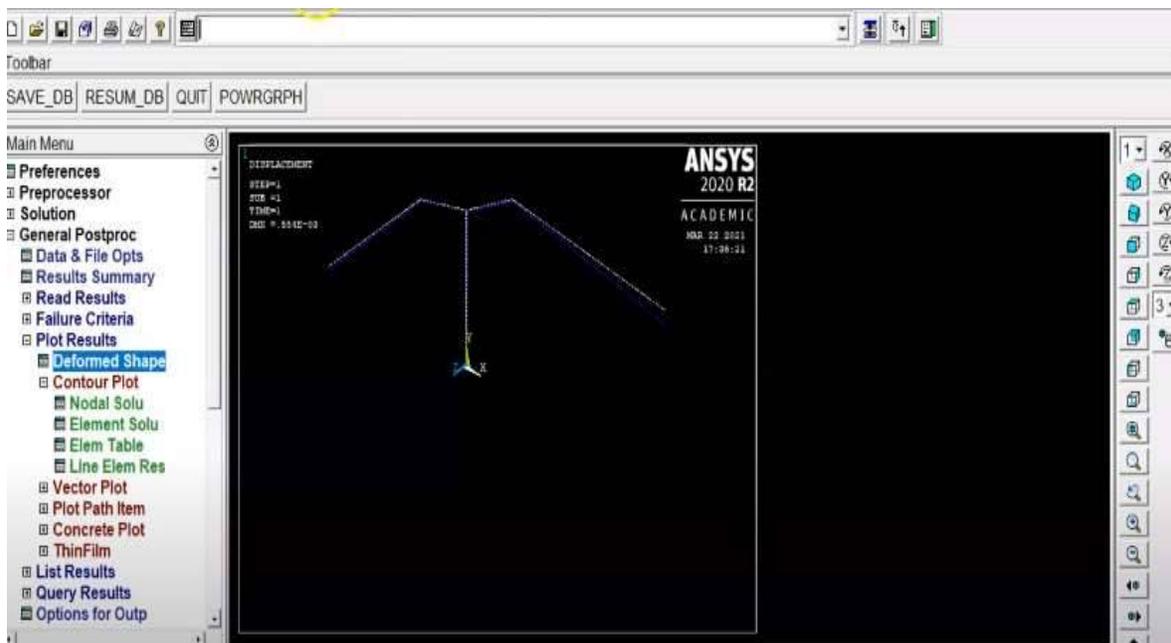


Ilustración 31

Para poner una vista mejor se coloca en sección de números y se observa en tiene distintos colores y números por sección:

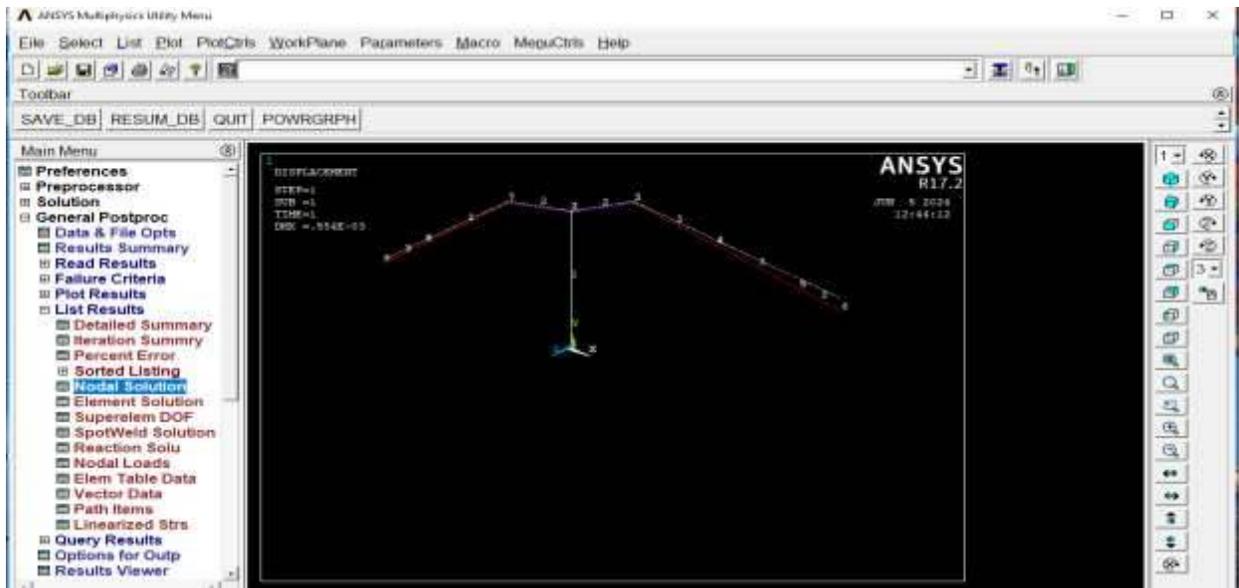


Ilustración 32

Y en solución tenemos estos que los valores de cada sección

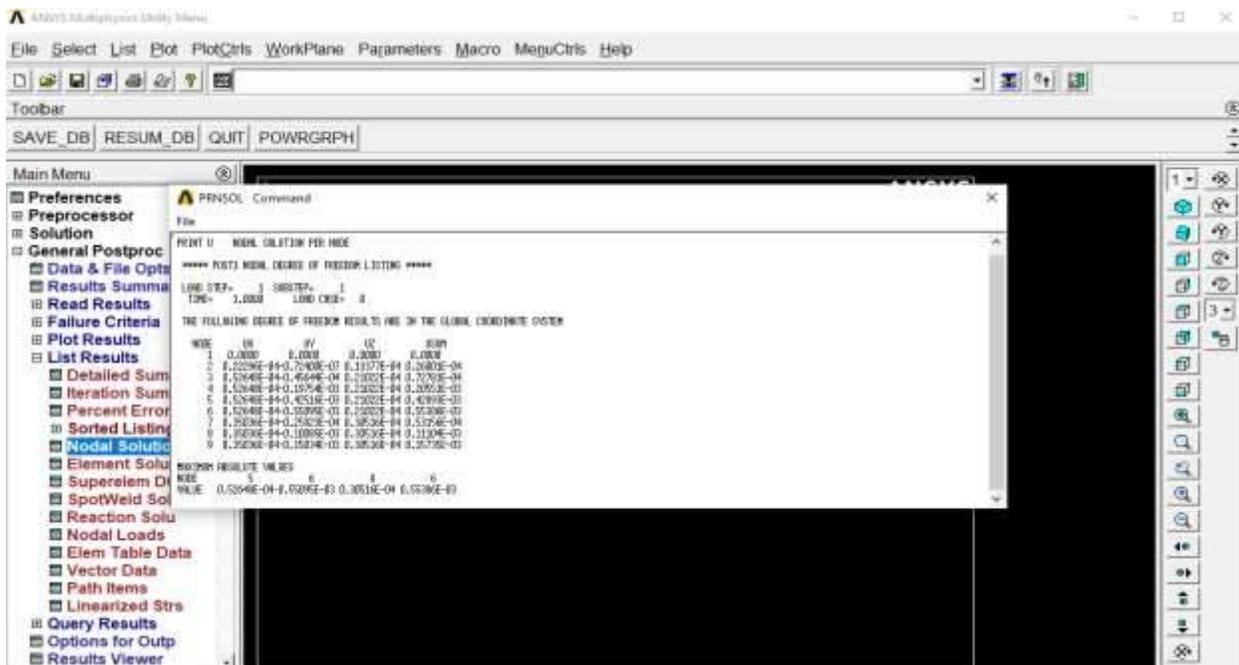


Ilustración 33

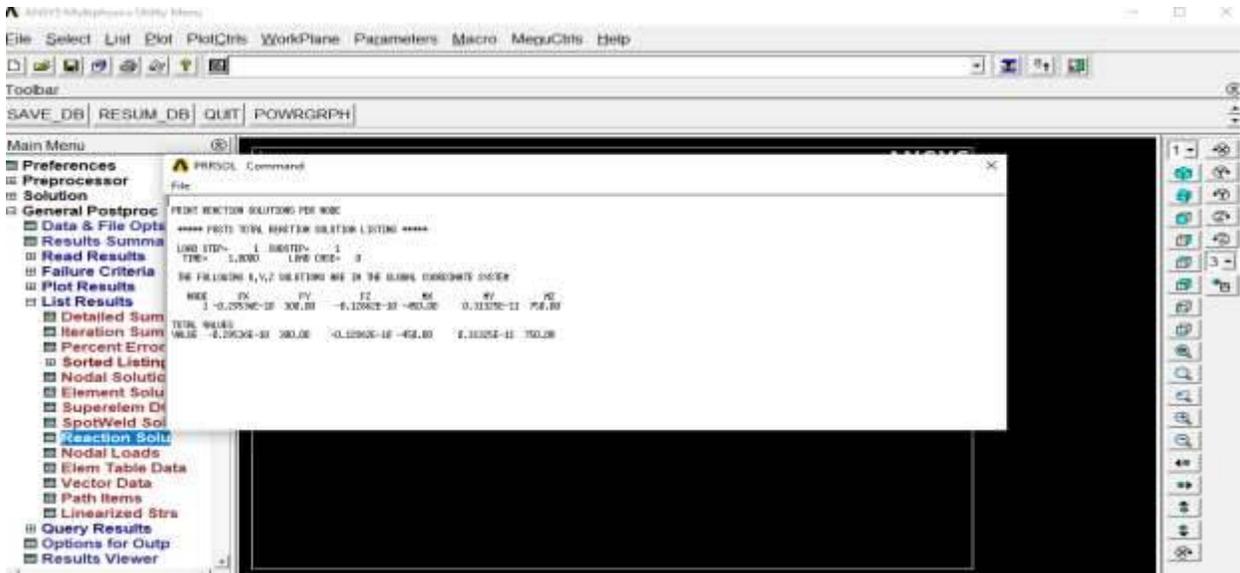


Ilustración 34

De esta manera se pueden ver los resultados para poder cotejar mejor en tabla:

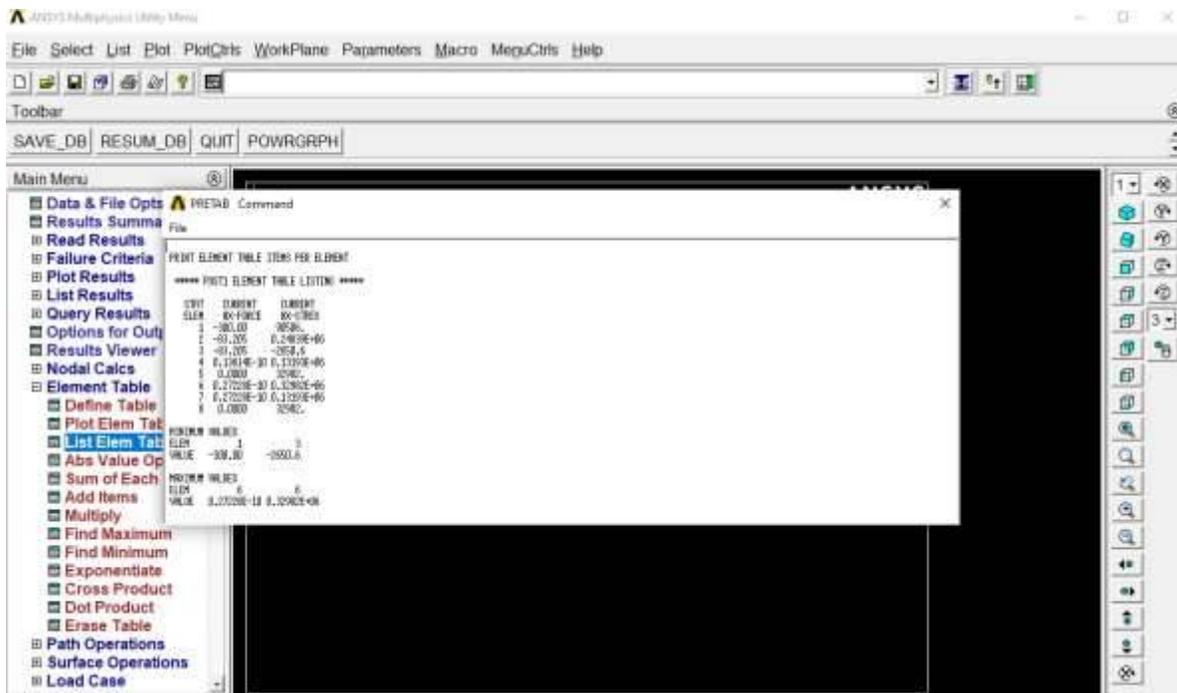


Ilustración 35

Después de los resultados Ahí me muestras que elementos entran en tensión:

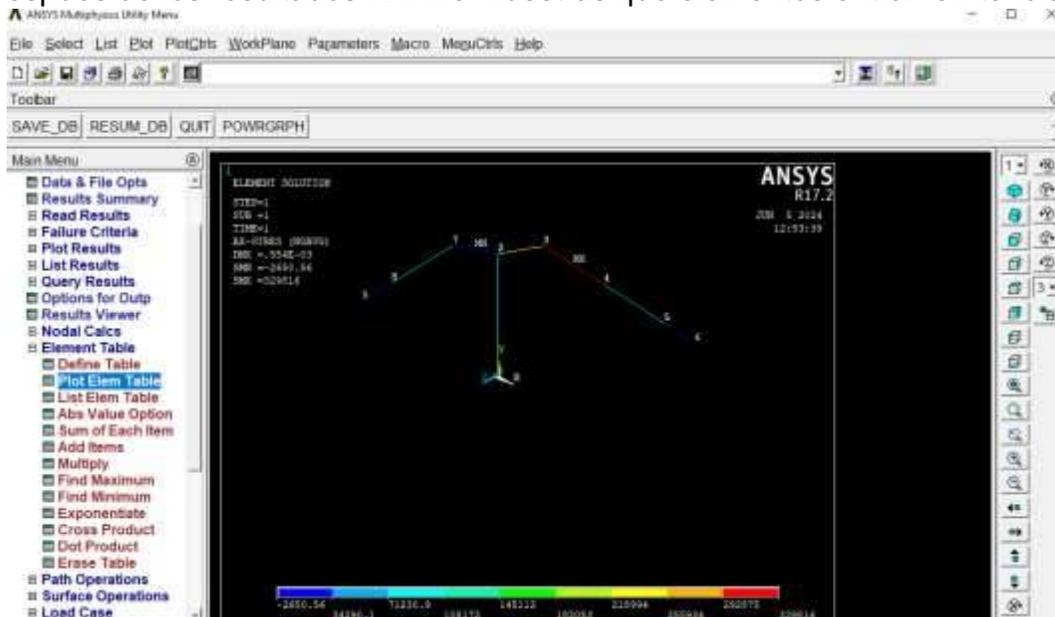


Ilustración 36

CONCLUSIÓN

Verificar los modelos de elementos finitos son útiles para resolver una gran cantidad de problemas de ingeniería independientemente de su carácter. En este caso el problema a resolver ha sido la resolución de distintas simulaciones estáticas de estructuras. Cada uno de estos problemas o simulaciones ha supuesto distintos modos de resolución y de diseño, los cuales nos han aportado una gran cantidad de resultados, que deberá ser siempre interpretada por alguien con los suficientes conocimientos como para que esa información que nos aporta el modelo sea útil.

La conclusión de hacer un dibujo de un semáforo en ANSYS sería que este proceso permite visualizar y analizar el diseño estructural y mecánico del semáforo de manera detallada y precisa. Al utilizar ANSYS, un software de simulación de elementos finitos, se pueden realizar análisis de tensiones, deformaciones, vibraciones y otros comportamientos mecánicos del semáforo para garantizar su funcionamiento óptimo y seguro.

Al crear un dibujo del semáforo en ANSYS se pueden identificar posibles áreas de concentración de tensiones, puntos críticos de deformación o vibración, y realizar modificaciones en el diseño para mejorar su rendimiento y durabilidad. Además, la simulación en ANSYS proporciona información valiosa para la toma de decisiones en la fase de diseño, permitiendo realizar ajustes antes de la fabricación física del semáforo.

El hacer un dibujo de un semáforo en ANSYS brinda la oportunidad de realizar un análisis exhaustivo y detallado del diseño, garantizando su eficiencia, seguridad y funcionalidad antes de su implementación en el entorno real de tráfico urbano.

Referencias

[En línea]

2023. *NORMA Oficial Mexicana*. [En línea] 19 de 09 de 2023. [Citado el: 06 de 06 de 2024.] https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5702233&fecha=19/09/2023&print=true.

2011. DIARIO OFICIAL . [En línea] 17 de ABRIL de 2011. file:///C:/Users/ARIANA/Downloads/NOM-034-SCT2-2011.pdf.

UAQ, ISAIAS CUEVA. 2021. YouTube. [En línea] 22 de marzo de 2021. <http://youtu.be/e5YSnTJz0?si=5uCmNaOVW1qQt7KC>.

-Delgado López, Kevin Paul. Prototipo De Semáforo Inteligente Para Control De Tránsito Terrestre Mediante Sensores De Proximidad Para El Cantón Montecristi. 2023.

JIMÉNEZ HERRERA, Byron Leonardo; SALTOS TUBAY, Raúl Arnaldo. Diseño y construcción de semáforos vehiculares y peatonales utilizando diodos emisores de luz (LEDS) con sus respectivos actuadores electrónicos para el parque vial de la escuela de conductores profesionales de la ESPOL ECPE EP. 2013

VARGAS-RODRÍGUEZ, Yolanda Marina, et al. El diagrama de flujo como semáforo de seguridad ecológica de los experimentos de laboratorio. Educación química, 2016, vol. 27, nº 1, pág. 30-36

VALENCIA ALAIX, Víctor Gabriel. Principios sobre semáforos. Sede Medellín, 2000.

MARTÍ NOGUERA, Pau. La intervención remota en las fases semaforicas para agilizar el paso del tráfico. 2023.

CAMPOZANO PIN, José Luis, et al. Diseño de estructuras de soporte y elaboración del controlador electrónico para los semáforos vehiculares y peatonales del parque vial de la escuela de conductores profesionales de la ESPOL ECPE EP. 2013. Tesis Doctoral. ESPOL. INTEC.

SANTAMARÍA, María Violeta Bances; MOSCOL, Mario Fernando Ramos. Semáforos inteligentes para la regulación del tráfico vehicular. Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación, 2014, vol. 1, no 1, p. 37-37.

MOVILLA, Daniel Angúlo; DAZA, Leonardo Andrés Gutiérrez. Diseño metodológico de un sistema de semáforos inteligentes para la reducción del tráfico vehicular. Sextante, 2022, n.º 27, pág. 10-17

FLORES, Alan Eduardo Dorantes; ESCUDERO, Ingrid Berenice Reyes. Sistema Autónomo de Monitoreo para un Semáforo Inteligente, por medio de Plataformas Libres de Diseño. Boletín Científico INVESTIGIUM de la Escuela Superior de Tizayuca, 2022, vol. 8, no Especial, p. 111-113.



**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR
DE SAN ANDRÉS TUXTLA**



**CARRERA
INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA**

**MATERIA
MÉTODO DEL ELEMENTO FINITO**

**DOCENTE
JOEL FRANCISCO PAVA CHIPOL**

**TRABAJO
DISEÑAR Y CALCULAR LOS ESFUERZOS DE DEFORMACIÓN EN UNA
ESTRUCTURA CON CARGAS FIJAS (TORRE DE UN DEPÓSITO DE
AGUA)**

**ESTUDIANTES
ALDO CHONTAL HERNÁNDEZ 211U0133
ISMAEL PALAFOX RAMÍREZ 211U0583
ANTONIO TOME MACARIO 211U0164
RUBÉN ERUBIEL MIROS TOLEDO 211U0148
LEYKO EULOGIO FERMAN XALA 211U0140
JOSE ANTONIO VICTORIO PALAYOT 211U0650**

**GRUPO
602-B**

SAN ANDRÉS TUXTLA, VER.

06 DE JUNIO DEL 2024

ÍNDICE

RESUMEN	3
ANTECEDENTES HISTÓRICOS	4
OBJETIVO GENERAL	8
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
ALCANCES Y METAS.....	9
MATERIALES Y MÉTODOS	10
NORMATIVA A UTILIZAR	12
SIMULACIÓN EN ANSYS APDL	13
DATOS COMPARADOS MEDIANTE ANALISIS EN ANSYS Y LA NORMATIVA	35
FORMULA	38
CONCLUSION.....	40
REFERENCIA BIBLIOGRAFICA	42

RESUMEN

Las torres estructurales son postes prefabricados en base de varilla revestidos en concreto, así como tubulares de hierro ambas teniendo la misma aplicación, soportar cargas constantes en el eje z, aunque ambas tienen un diseño similar tienen propiedades y características diferentes una respecto de la otra. Armar una torre para un tanque de agua ciertamente tiene una serie de ventajas que pueden hacer que esta opción sea muy atractiva para algunos. La protección contra animales y la contaminación externa son preocupaciones importantes para mantener la calidad del agua. Además, la altura de la torre proporciona una presión de agua más alta, lo que puede eliminar la necesidad de una bomba y hacer que el suministro de agua sea más eficiente.

En comparación con los tanques de agua subterráneos, las torres ofrecen beneficios económicos y de accesibilidad. Al ser instaladas en el exterior, no requieren excavación y pueden colocarse en lugares convenientes. La limpieza puede ser más laboriosa, pero los beneficios en términos de presión de agua y aprovechamiento del espacio suelen compensar estos inconvenientes para muchos usuarios. En resumen, las torres de agua presentan ciertas ventajas, así como de condiciones específicas para ser diseñadas la principal función de las torres de agua es utilizar la gravedad para proporcionar presión de agua adecuada para el uso potable en un área determinada.

Después de un proceso de tratamiento del agua, que puede implicar varias etapas para garantizar su potabilidad, el agua se almacena en el tanque de la torre. Debido a la altura de la torre, la fuerza de la gravedad proporciona la presión necesaria para que el agua fluya a través de las tuberías y llegue a los grifos de las viviendas, edificios u otras estructuras en el área circundante.

Este enfoque aprovecha la ley física de la gravedad para generar presión de agua sin la necesidad de utilizar bombas u otros dispositivos mecánicos. Esto no solo simplifica el sistema, sino que también reduce los costos operativos y de mantenimiento a largo plazo. Además, al no depender de dispositivos eléctricos, las

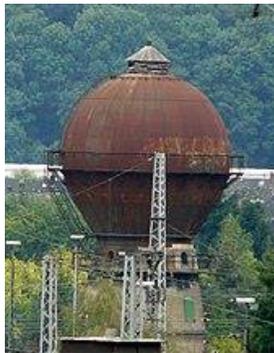
torres de agua son más confiables en caso de cortes de energía, lo que garantiza un suministro continuo de agua potable en la comunidad.

ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Las torres de agua tienen una historia que se remonta a varios siglos atrás, aunque su forma y función han evolucionado a lo largo del tiempo. Aquí hay un resumen de algunos hitos importantes en la historia de las torres de agua: Se tienen registros de sistemas de suministro de agua en civilizaciones antiguas como la romana y la griega. Estos sistemas a menudo incluían acueductos que transportaban agua desde fuentes distantes hasta las ciudades, donde se almacenaba en grandes cisternas o tanques elevados para proporcionar presión de agua a los ciudadanos. Durante la Edad Media, los sistemas de suministro de agua eran menos sofisticados, pero aún existían en algunas ciudades europeas. Las torres de agua de esta época eran a menudo construcciones simples, como torres de madera con depósitos en la parte superior para almacenar agua. (Wolf, 2020)

Con el avance de la tecnología y la urbanización durante la Revolución Industrial, la necesidad de sistemas de suministro de agua más eficientes se volvió más evidente. Se construyeron torres de agua más grandes y duraderas en muchas ciudades industriales para satisfacer la creciente demanda de agua potable y para combatir incendios. Durante el siglo XX, las torres de agua se volvieron más comunes en áreas urbanas y suburbanas de todo el mundo. Se adoptaron diseños más modernos y duraderos, utilizando materiales como el concreto armado y el acero para construir torres más altas y resistentes. En la actualidad, las torres de agua siguen siendo una parte importante de los sistemas de suministro de agua en muchas comunidades. Sin embargo, han surgido nuevas tecnologías y métodos de almacenamiento y distribución de agua, como los tanques subterráneos y los sistemas de bombeo más avanzados. Aun así, las torres de agua siguen siendo una opción popular debido a su simplicidad, confiabilidad y eficiencia en la distribución de agua potable.

Aunque el uso de tanques de almacenamiento de agua elevados ha existido desde la antigüedad en diversas formas, el uso moderno de torres de agua para sistemas públicos de agua presurizada se desarrolló a mediados del siglo XIX, coincidiendo con la popularización del bombeo a vapor y la mejora de las tuberías capaces de soportar presiones más altas. En el Reino Unido, se utilizaban tubos verticales altos y expuestos, en forma de N, para aliviar la presión y proporcionar una elevación constante a los motores de bombeo impulsados por vapor, los cuales tendían a generar un flujo pulsante. Esto era esencial para mantener una presión constante en el sistema de distribución de agua presurizada. (Wolf, 2020)



Torre de agua de ferrocarril en forma de esfera en desuso en Trier, Alemania

En el Reino Unido, los tubos verticales consistían en estructuras altas y expuestas, en forma de N, utilizadas para aliviar la presión y proporcionar una elevación constante para los motores de bombeo impulsados por vapor, que tendían a generar un flujo pulsante. El sistema de distribución de agua presurizada requería una presión constante. Estos tubos también ofrecían una ubicación fija conveniente para medir las tasas de flujo. Los diseñadores solían encerrar los tubos ascendentes en mampostería decorativa o estructuras de madera. A finales del siglo XIX, las fuentes de agua se expandieron para incluir tanques de almacenamiento que satisfacían las crecientes demandas de las ciudades en expansión. (Wolf, 2020)



Ejemplo de torre de agua de acuerdo al diseño inglés nótese que está diseñada con vigas de madera en lugar de tubería metálica.

En ciertas áreas, como la ciudad de Nueva York en los Estados Unidos, se construyen torres de agua más pequeñas para edificios individuales. En California y algunos otros estados, se construyeron torres de agua domésticas rodeadas por tanques entre 1850 y 1930 para abastecer hogares individuales; los molinos de viento bombeaban agua de pozos excavados a mano hasta estos tanques.

Las torres de agua también se utilizaron para suministrar agua a las locomotoras de vapor en las líneas de ferrocarril. Las primeras locomotoras de vapor requerían paradas de agua cada 11 a 16 kilómetros.



Ejemplo de las torres de agua utilizadas para las vías férreas nótese el uso de tubería metálica y el diseño en x que distribuyen el peso del tanque contenedor.

Las torres de depósito de agua son estructuras críticas en la infraestructura de distribución de agua potable. Estas torres no solo deben soportar el peso del depósito lleno de agua, sino también resistir diversas fuerzas ambientales como el viento, los sismos y las variaciones de temperatura. El diseño y cálculo precisos de los esfuerzos de deformación son esenciales para garantizar la estabilidad y seguridad de estas estructuras. (Wolf, 2020)

poniendo en riesgo vidas humanas y causando daños materiales significativos. Al investigar y calcular los esfuerzos de deformación, se puede asegurar que la estructura tenga la capacidad de soportar las cargas previstas durante su vida útil, mejorando así la durabilidad y fiabilidad de la torre.

Un diseño estructural eficiente no solo garantiza la seguridad, sino que también optimiza el uso de materiales y recursos. Al calcular con precisión los esfuerzos de deformación, se puede evitar el sobredimensionamiento o su dimensionamiento de los elementos estructurales, lo cual tiene un impacto directo en los costos de

construcción y mantenimiento. Esto es particularmente importante en proyectos públicos o de gran escala, donde los presupuestos suelen ser limitados.

La construcción de torres de depósito de agua está sujeta a normativas y estándares específicos que varían según la región. Estas normativas a menudo requieren análisis detallados de los esfuerzos y deformaciones para asegurar que las estructuras cumplan con los requisitos de seguridad y desempeño. Un reporte de investigación que aborde estos aspectos contribuirá a asegurar el cumplimiento normativo y facilitará la aprobación de proyectos por parte de las autoridades competentes. (Wolf, 2020)

elaborar un reporte sobre el diseño y cálculo de los esfuerzos de deformación en una torre de depósito de agua se basa en su relevancia para la seguridad estructural, eficiencia económica, cumplimiento normativo, avance del conocimiento técnico y reducción del impacto ambiental. Este estudio no solo contribuirá a mejorar la fiabilidad y durabilidad de las torres de depósito de agua, sino que también proporcionará beneficios económicos y ambientales significativos, asegurando un suministro de agua seguro y eficiente para las comunidades.

OBJETIVO GENERAL

El objetivo general utilizar un modelo de torre de cisterna o tinaco para determinar si tendrá deformaciones por el peso, así como las especificaciones técnicas de los materiales y su resistencia a fuerzas de compresión

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1.- utilizar un diseño estándar de una torre para cisterna de agua e introducirla al programa ANSYS.
2. seleccionar el material que la compondrá, así como sus propiedades.
3. simular la carga de compresión y las capacidades de resistencia de los materiales a fuerzas de compresión.

4. determinar si el material seleccionado cumple con lo requerido o si deberá sustituirse.

5.- entregar una simulación que soporte el peso del tinaco sin sufrir deformaciones por la fuerza de compresión.

ALCANCES Y METAS

El alcance de este reporte de investigación abarcará desde el modelado inicial y la evaluación de condiciones de carga hasta la optimización y validación del diseño estructural. Las metas estarán centradas en desarrollar un modelo preciso y confiable, calcular y analizar los esfuerzos y deformaciones, y generar recomendaciones prácticas para mejorar la eficiencia y seguridad de las torres de depósitos de agua utilizando el software ANSYS. Este enfoque integral permitirá abordar todos los aspectos críticos del diseño y garantizar que las estructuras resultantes sean seguras, duraderas y eficientes.

- **Desarrollar un Modelo Preciso de la Torre:**

- Crear un modelo detallado de la torre de depósito de agua utilizando el software ANSYS.

- Asegurar que el modelo represente fielmente las dimensiones, materiales y características estructurales reales de la torre.

- **Calcular los Esfuerzos de Deformación:**

- Realizar análisis estáticos y dinámicos para determinar los esfuerzos y deformaciones bajo diversas condiciones de carga fija.

- Evaluar la respuesta estructural a diferentes escenarios de carga, incluyendo el peso del agua, cargas de viento y sismos.

- **Optimizar el Diseño Estructural:**

- Identificar áreas de la estructura que pueden ser optimizadas para mejorar la resistencia y reducir el material utilizado sin comprometer la seguridad.

- Proponer modificaciones de diseño basadas en los resultados del análisis para aumentar la eficiencia y durabilidad de la torre.

- Condiciones de Carga:
 - Evaluar cargas permanentes, tales como el peso propio de la estructura y el peso del agua.
 - Considerar cargas adicionales como el viento, sismos, y posibles cargas térmicas debidas a cambios de temperatura.
- Análisis de Esfuerzos y Deformaciones:
 - Utilizar análisis de elementos finitos (FEA) en ANSYS para calcular los esfuerzos internos y las deformaciones de la estructura.
 - Realizar simulaciones bajo diferentes condiciones de carga y escenarios para evaluar la robustez del diseño.

MATERIALES Y MÉTODOS

La selección de materiales para una estructura de acero en una torre de agua debe considerar factores como la resistencia estructural, la durabilidad, la protección contra la corrosión y la facilidad de mantenimiento. El uso de aceros estructurales de alta resistencia, combinados con recubrimientos protectores y técnicas de conexión robustas, garantiza que la torre de agua pueda soportar las cargas y condiciones ambientales a las que estará expuesta durante su vida útil. (Vallecillo, 2019)

Ya se trate de torres metálicas para tanques de agua en forma de mangrullo o en casos en los que el tanque de agua esté elevado simplemente por encontrarse sobre la terraza, pero también en casos en los que el tanque de agua no esté demasiado elevado, una de las opciones para colocar un tanque de agua es la base metálica, que tiene forma de pérgola y que se realiza con soportes estructurales de hierro cuadrados.

El primer paso es atornillar cuatro bases de hierro al piso para sostener las cuatro esquinas de la base metálica o soporte para el tanque de agua. Los caños que irán soldados a estas bases son caños de hierro huecos que se cortarán a la altura que se desee el tanque. Para colocar las bases de hierro es muy útil utilizar alguna de las columnas de los pisos inferiores para lograr una mayor estabilidad y que el sostén del tanque de agua sea más seguro.

Si queremos saber cómo hacer un soporte para tanques de agua de hierro, acá está la respuesta. Una vez atornilladas las bases en el suelo y colocados los cuatro caños de hierro huecos, se sueldan sobre las cuatro esquinas otros cuatro caños de hierro en ángulos rectos hasta formar un cuadrado, que servirá para la base metálica del tanque de agua.

En forma de parrilla podrán entonces soldarse una serie de caños en el interior del cuadrado de hierro. Existen en el mercado bases redondas metálicas para tanques de agua que pueden soldarse sobre la estructura cuadrada una vez soldada. En ambos casos, es importante que la base metálica para el tanque de agua tenga espacio extra para poder subir y trabajar sobre ella, cambiar accesorios del tanque, limpiarlo, o aquello que sea necesario hacer. Es por eso que conviene añadir una plancha de hierro en el espacio aledaño al tanque para poder caminar encima. Para mayor seguridad, se puede extender la estructura vertical de la torre de hierro para tanque de agua con el fin de colocar una baranda que sirva de sostén para quien tenga que subir a trabajar en el tanque. (Vallecillo, 2019)

La norma ASTM A6/A6M, titulada "Especificación estándar para acero estructural", establece los requisitos para la fabricación de perfiles estructurales de acero, incluidas las estructuras metálicas como torres de agua. Contiene información detallada sobre las dimensiones, tolerancias, propiedades mecánicas y otros requisitos de calidad para los perfiles de acero utilizados en aplicaciones estructurales.

Propiedades mecánicas	
Módulo de elasticidad	210E⁹
Módulo de Poisson	0.3
Ruptura en tensión	400 MPa o 4588.72 kg/cm² kN/m²

NORMATIVA A UTILIZAR

En general las normas de diseño de una torre de agua de acuerdo a los estándares americanos son:

- ❖ AWWA D100 - Welded Carbon Steel Tanks for Water Storage
- ❖ B-254 (ASTM A36) ACERO ESTRUCTURAL.

TABLA DE ESFUERZOS B-254 (ASTM A36) ACERO ESTRUCTURAL.

Tabla 1.1 Esfuerzos F_y y F_u de aceros estructurales

Nomenclatura		F_y ⁽³⁾		F_u ⁽⁴⁾	
NMX ¹	ASTM ²	MPa	kg/cm ²	MPa	kg/cm ²
B-254	A36	250	2 530	400 a 550	4 080 a 5 620
B-99	A529	290	2 950	414 a 585	4 220 a 5 975
B-282	A242	290	2 950	435	4 430
		320	3 235	460	4 710
		345	3 515	485	4 920
B-284	A572	290	2 950	414	4 220
		345	3 515	450	4 570
		414	4 220	515	5 270
		450	4 570	550	5 620
	A992	345	3 515	450 a 620	4 570 a 6 330
B-177	A53	240	2 460	414	4 220
B-199	A500 ⁽⁵⁾	320	3 235	430	4 360
B-200	A501	250	2 530	400	4 080
	A588	345 ⁽⁶⁾	3 515 ⁽⁶⁾	483 ⁽⁶⁾	4 920 ⁽⁶⁾
	A913	345 a 483 ⁽⁷⁾	3 515 a 4 920 ⁽⁷⁾	448 a 620 ⁽⁷⁾	4 570 a 6 330 ⁽⁷⁾

TABLA DE TENSIONES AWWA D100 - Welded Carbon Steel Tanks for Water Storage

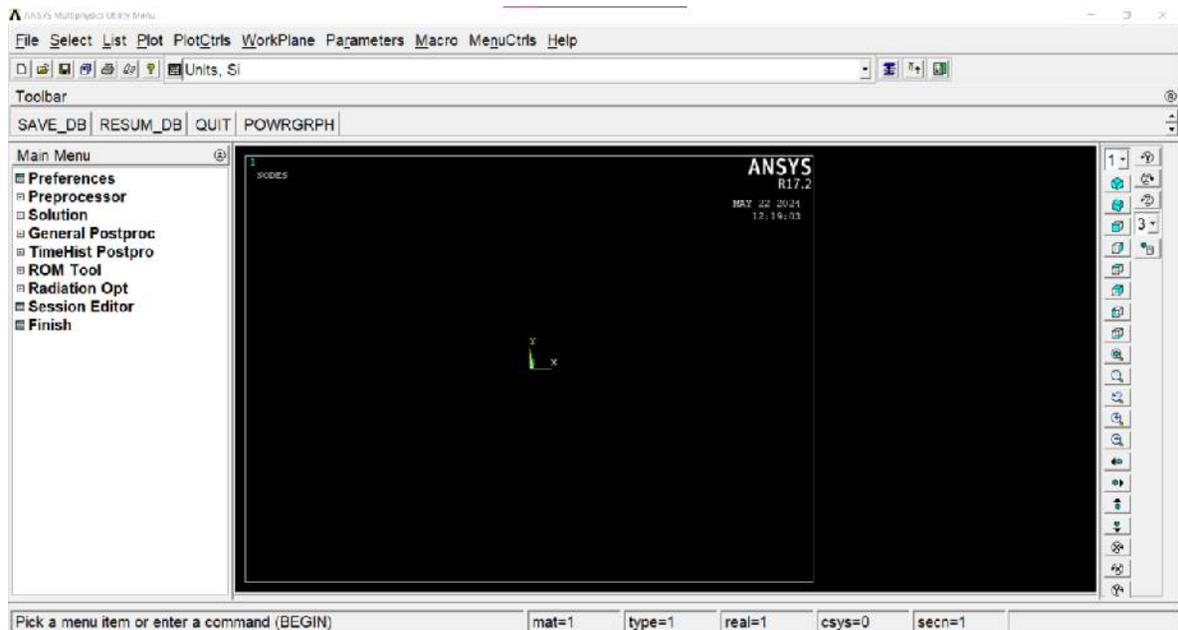
Table 4 Unit stresses—tension

Item	Class	Maximum Unit Stress	
		<i>psi</i>	(<i>MPa</i>)
Plates in tank shell	1,2*	15,000	(103.4)
Structural steel, built-up structural members, structural details	0	12,000	(82.7)
	1	15,000	(103.4)
	2	18,000	(124.1)
Tension rings	1,2	15,000	(103.4)
Bolts and other nonupset threaded parts [†]		15,000	(103.4)
Anchor bolts [‡]			
Mild steel [§]		15,000	(103.4)
High-strength steel**			
1¾ in. to 2½ in. diameter		31,250	(215.5)
2½ in. to 4 in. diameter		28,750	(198.3)
Bracing rods with swedged (upset) or welded, enlarged stub ends having threads with root area greater than the rod area [†]	1	15,000	(103.4)
	2	18,000	(124.1)
Cast steel		11,250	(77.6)

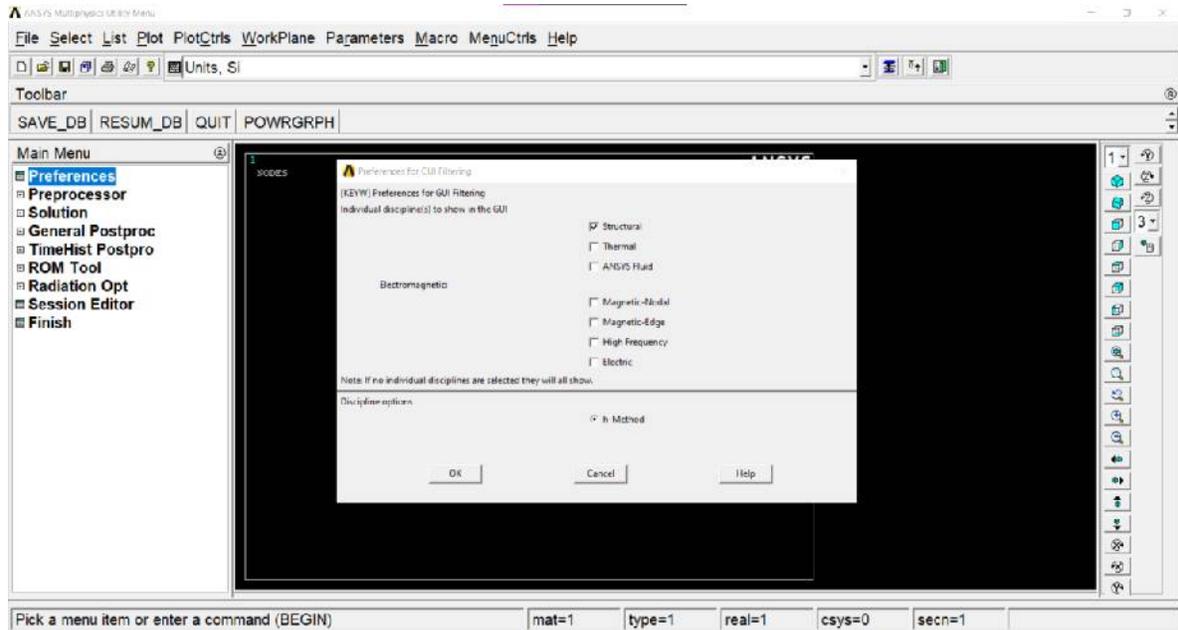
SIMULACIÓN EN ANSYS APDL

Para la demostración de nuestro análisis de deflexión, tenemos los siguientes pasos para su realización:

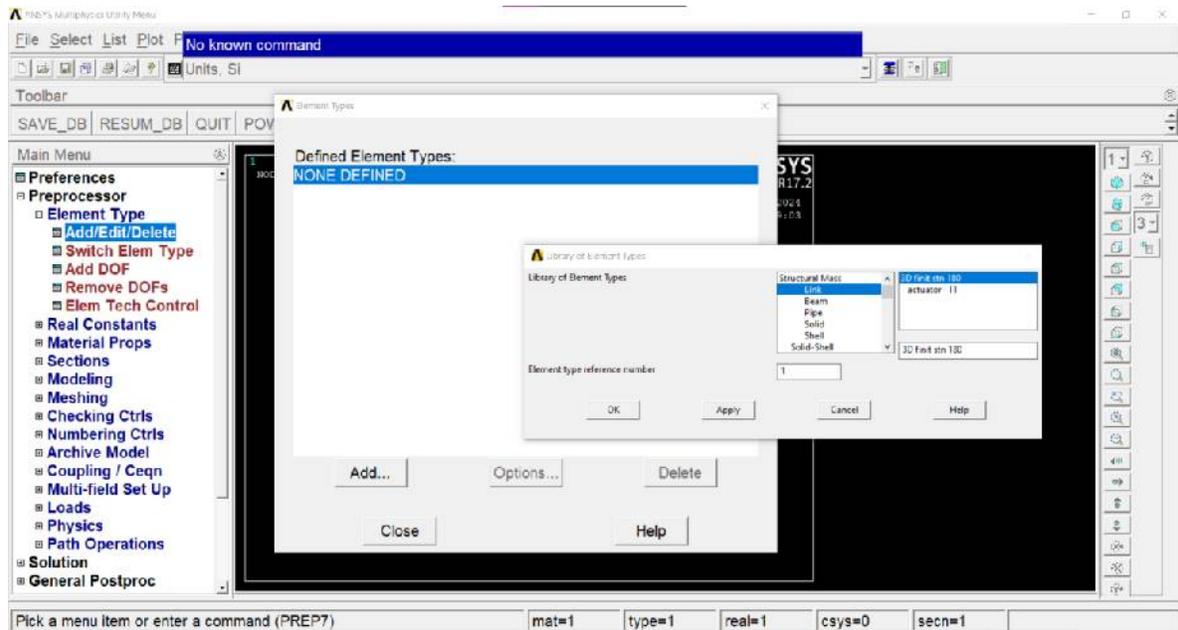
Lo primero es iniciar el programa de ANSYS y poner las medidas en sistema internacional



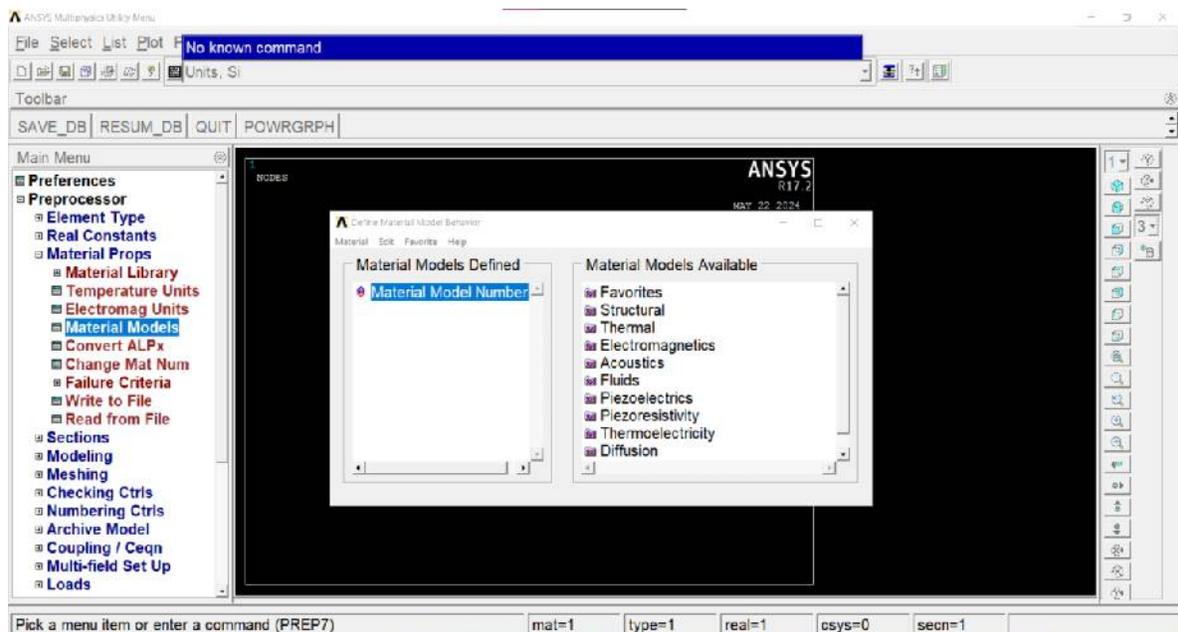
Poner el análisis en estructural

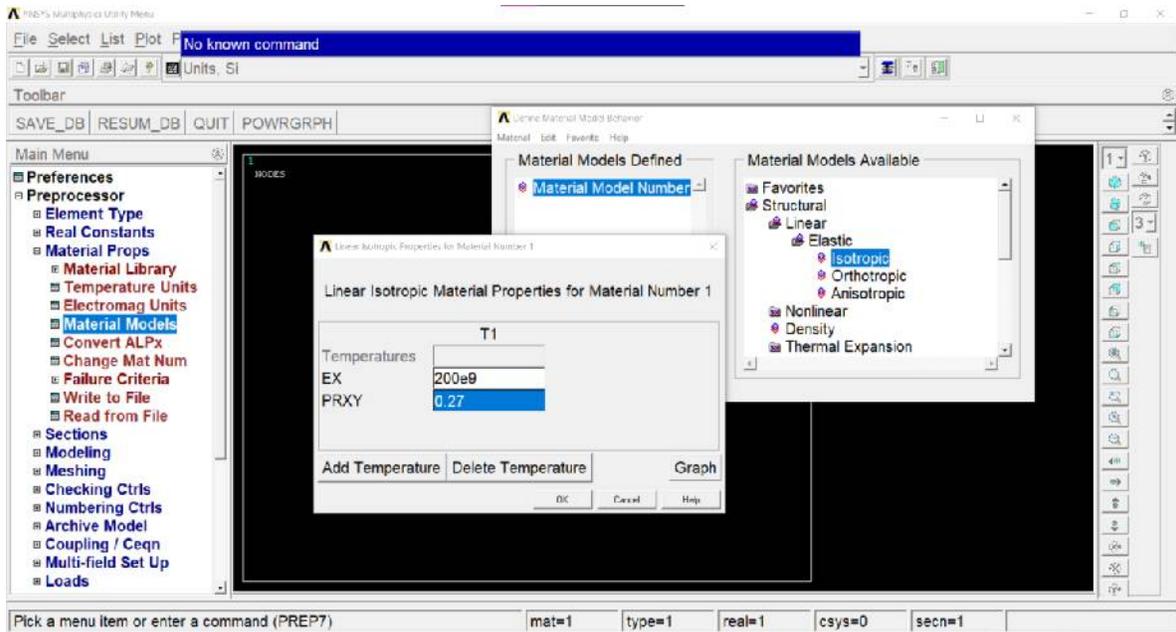


Se selecciono el primer elemento correspondiente

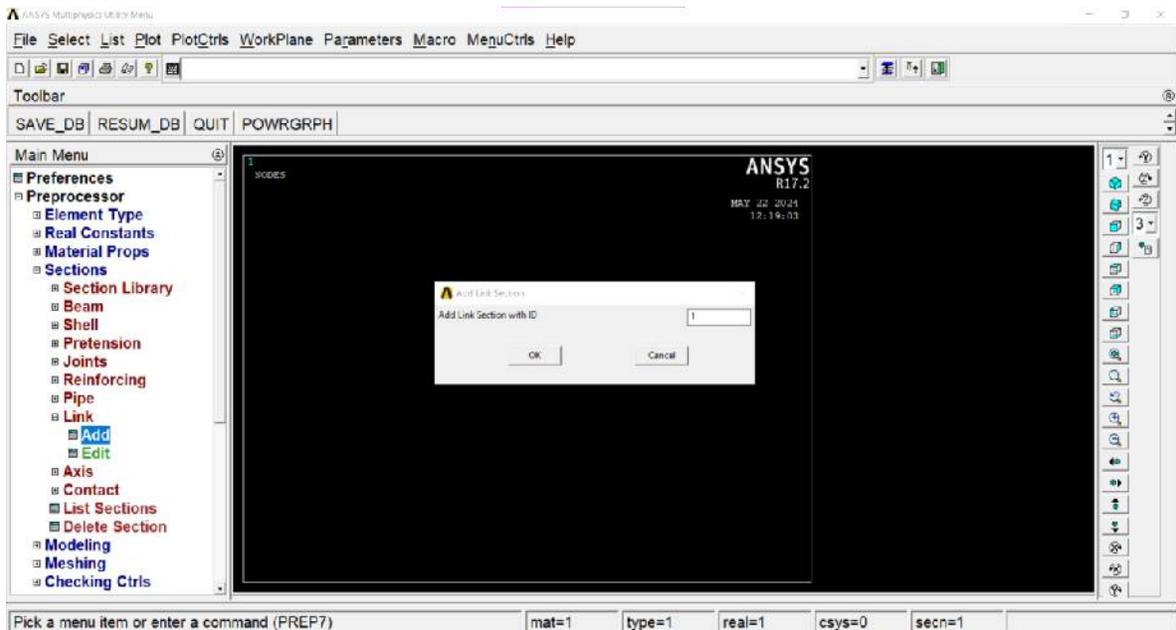


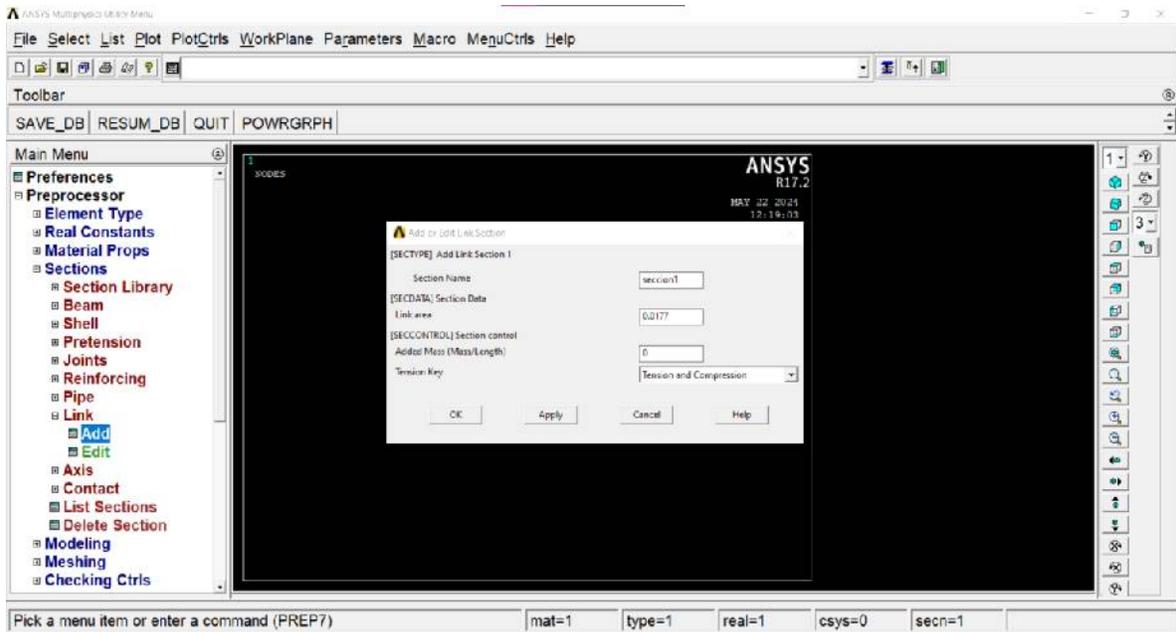
Se procede a seleccionar el material a modelar



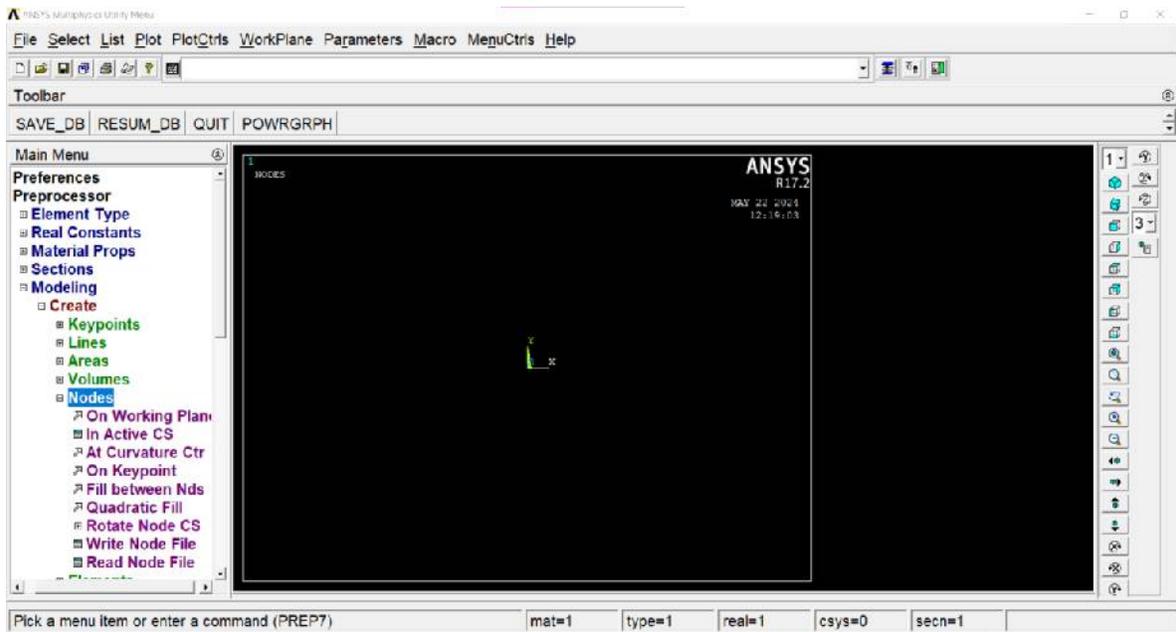


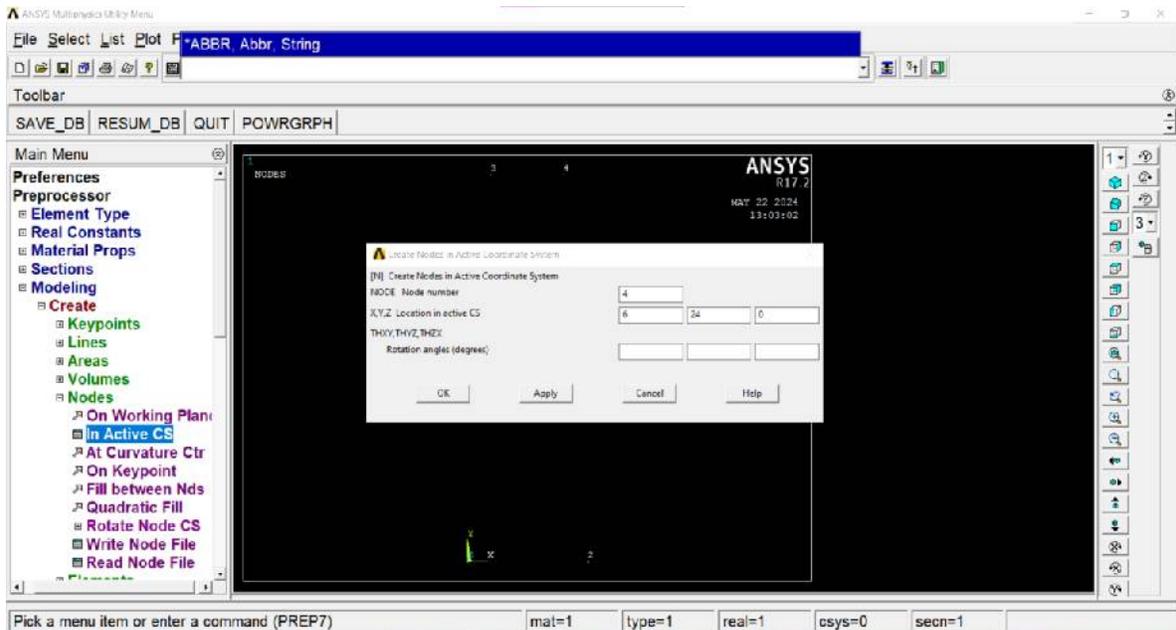
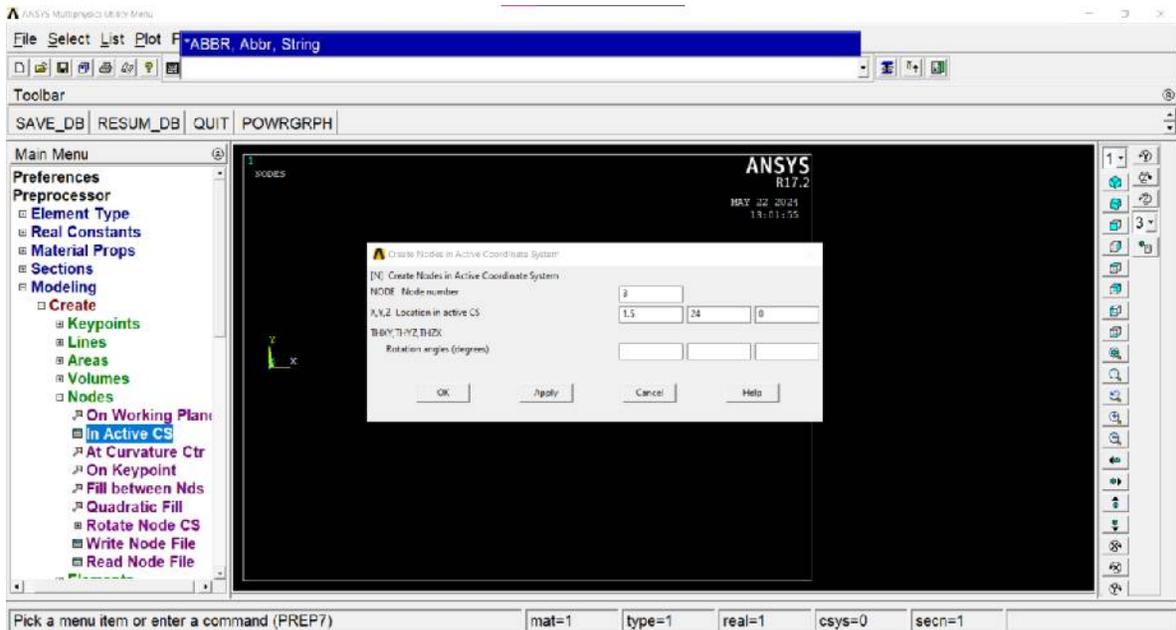
Se procedió a definir las secciones

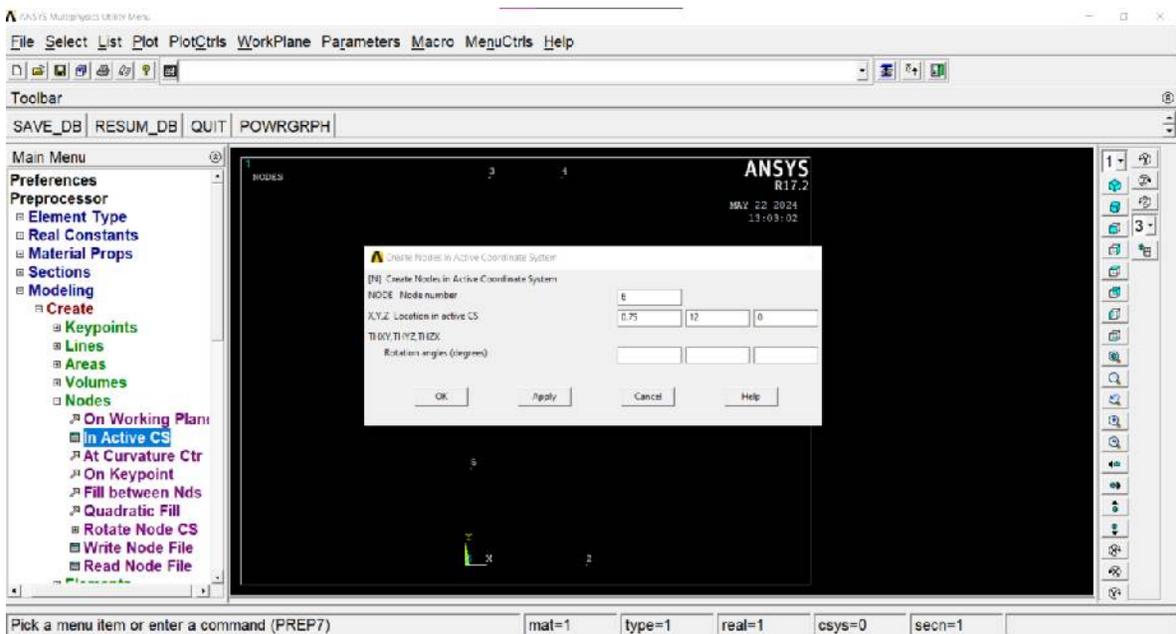
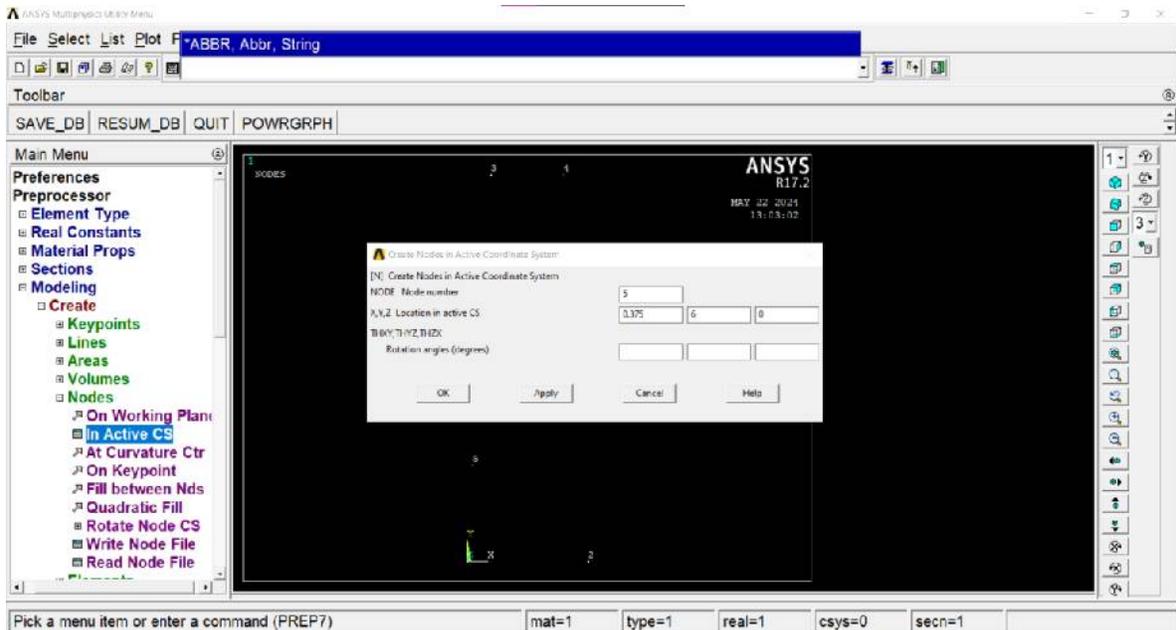


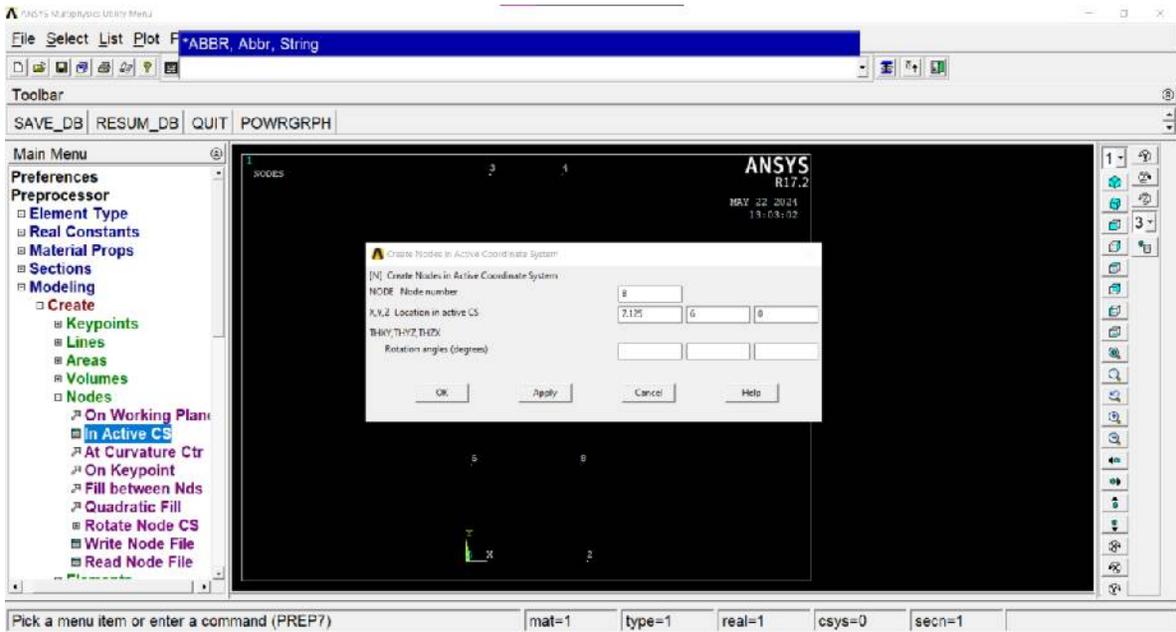
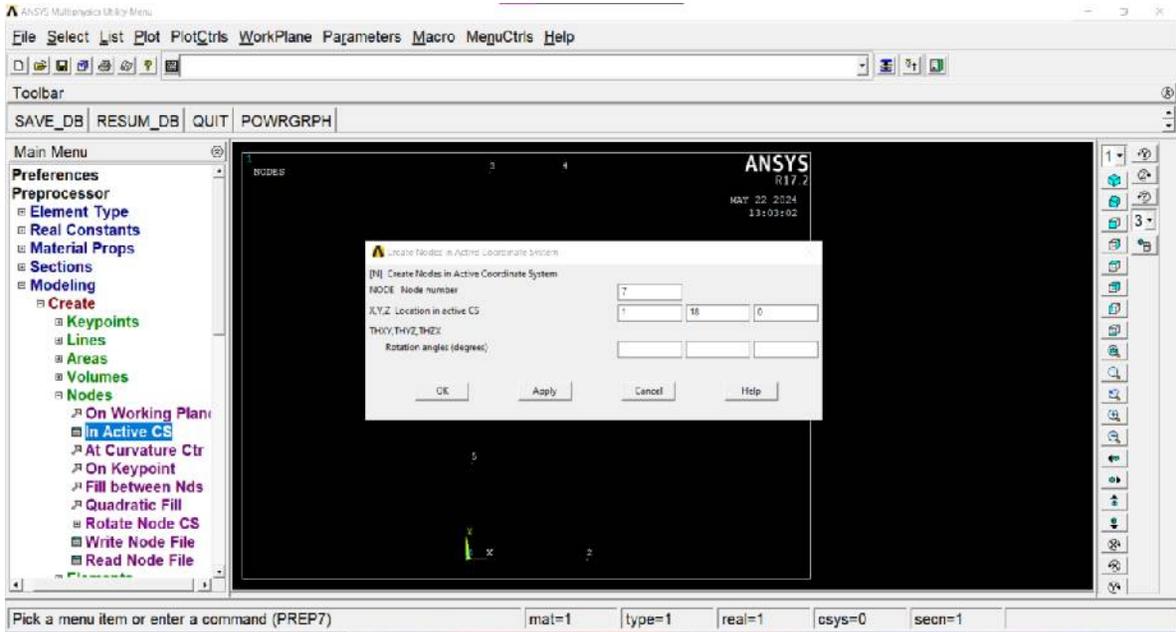


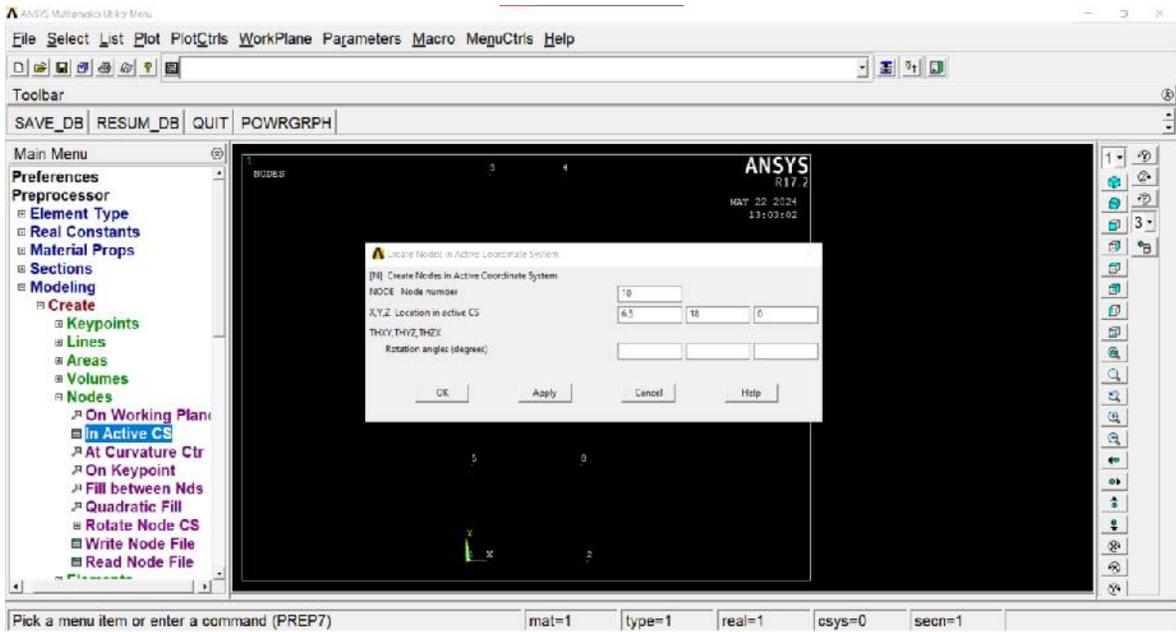
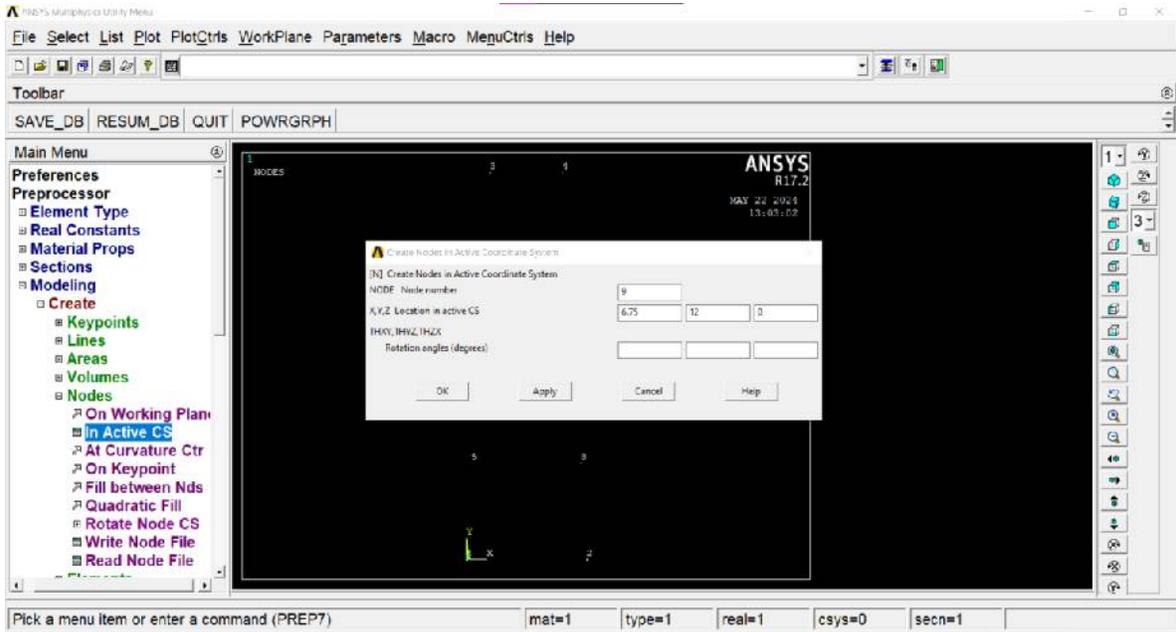
Se procede a crear nodos

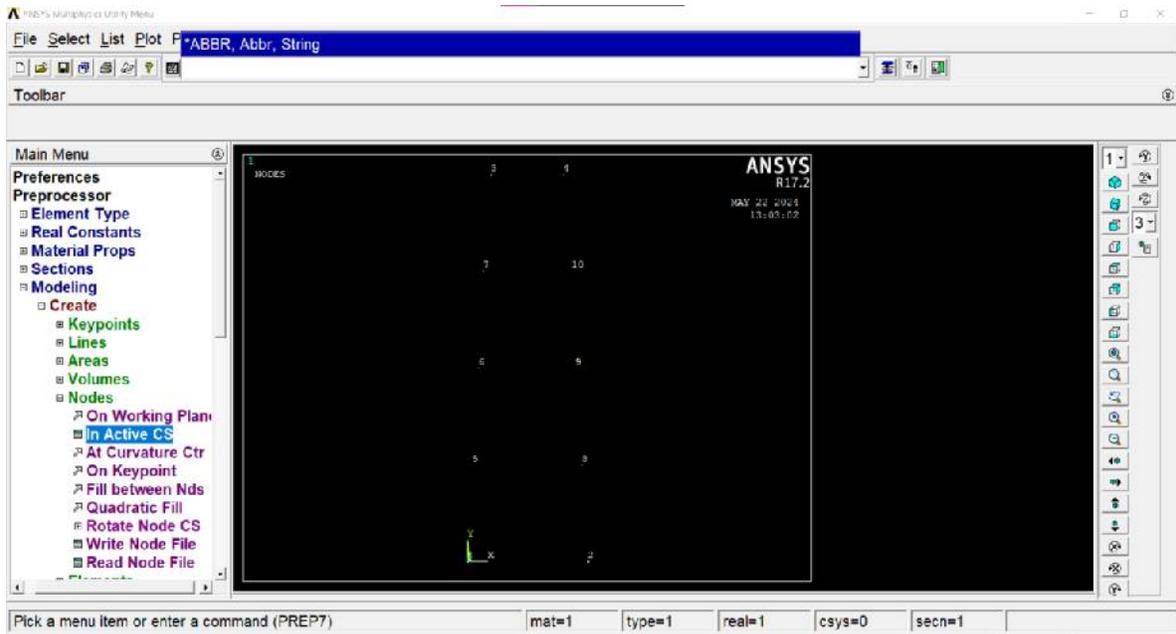




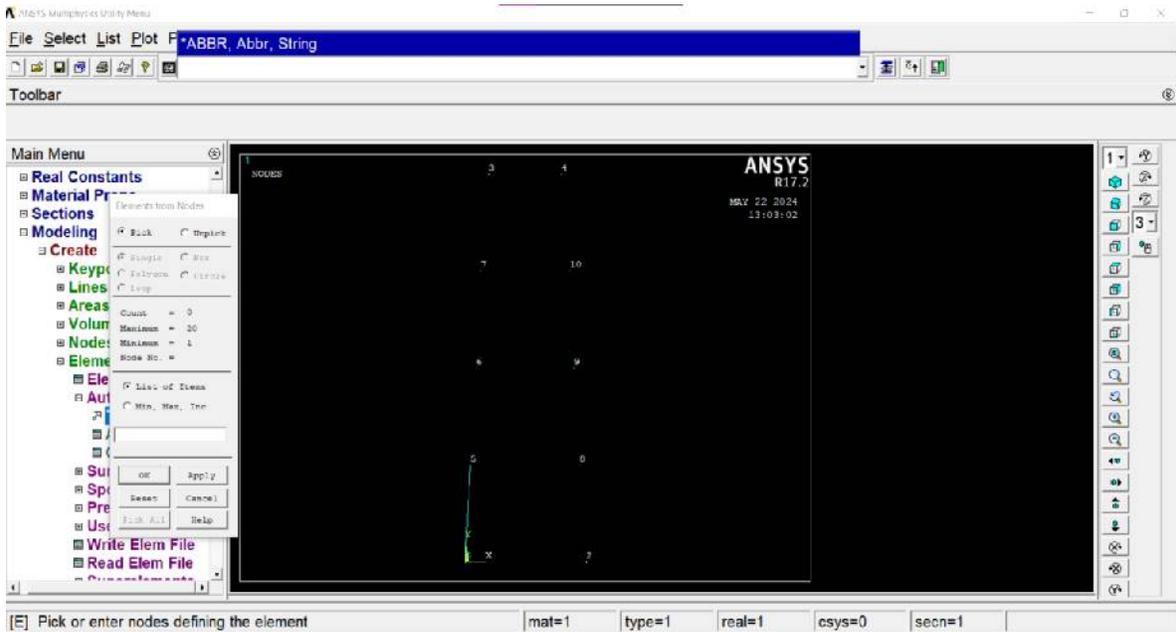


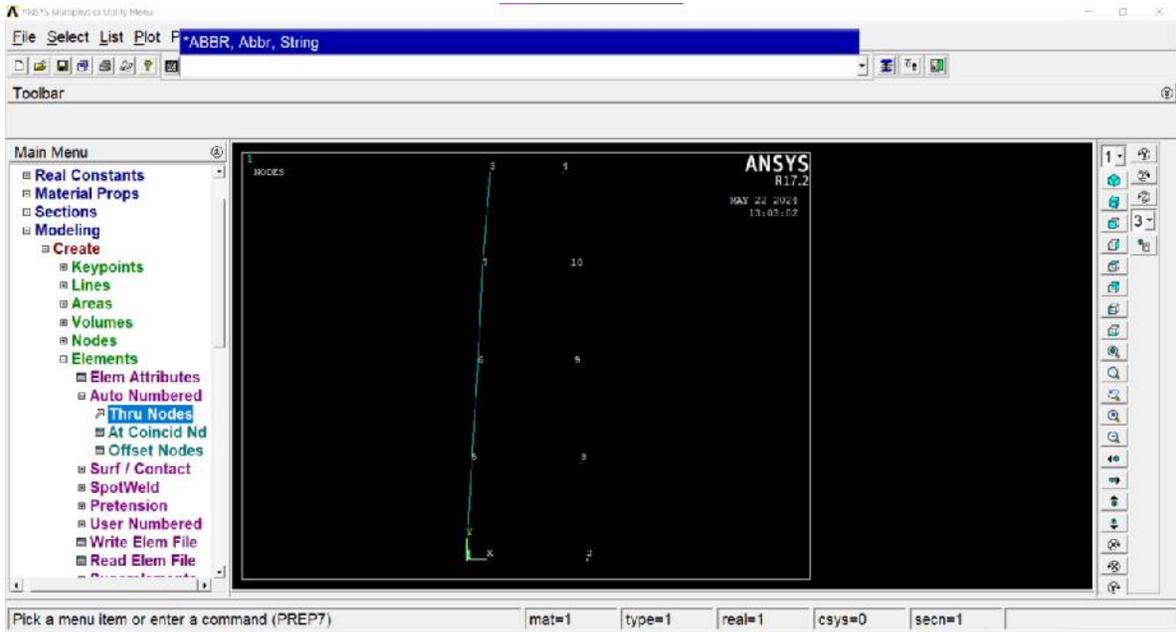


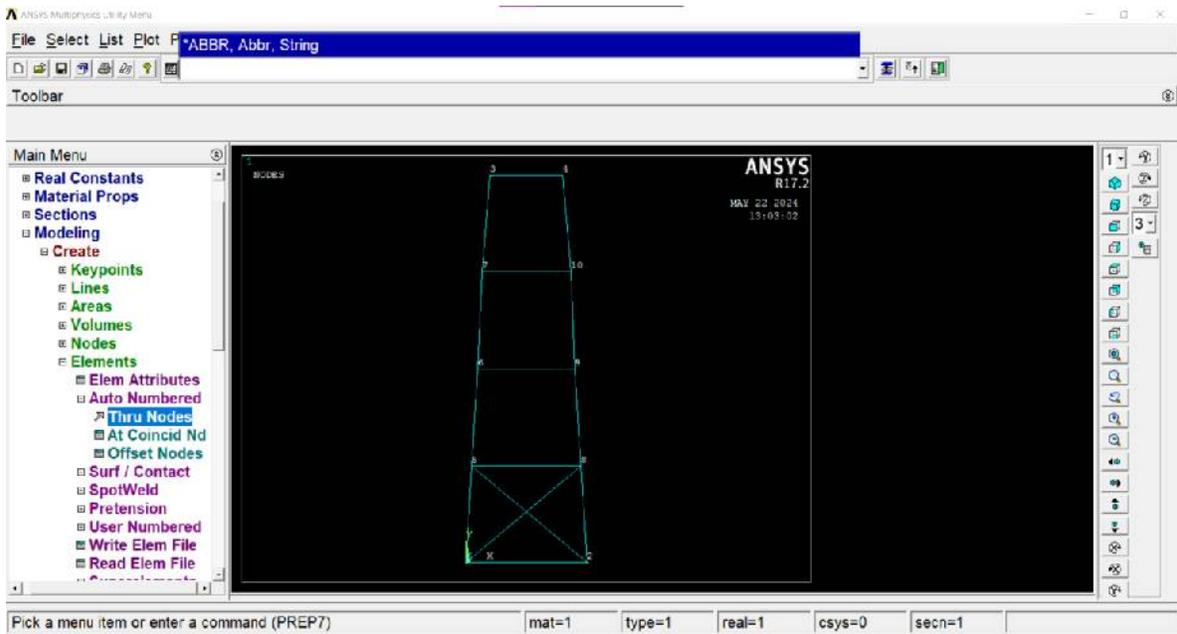
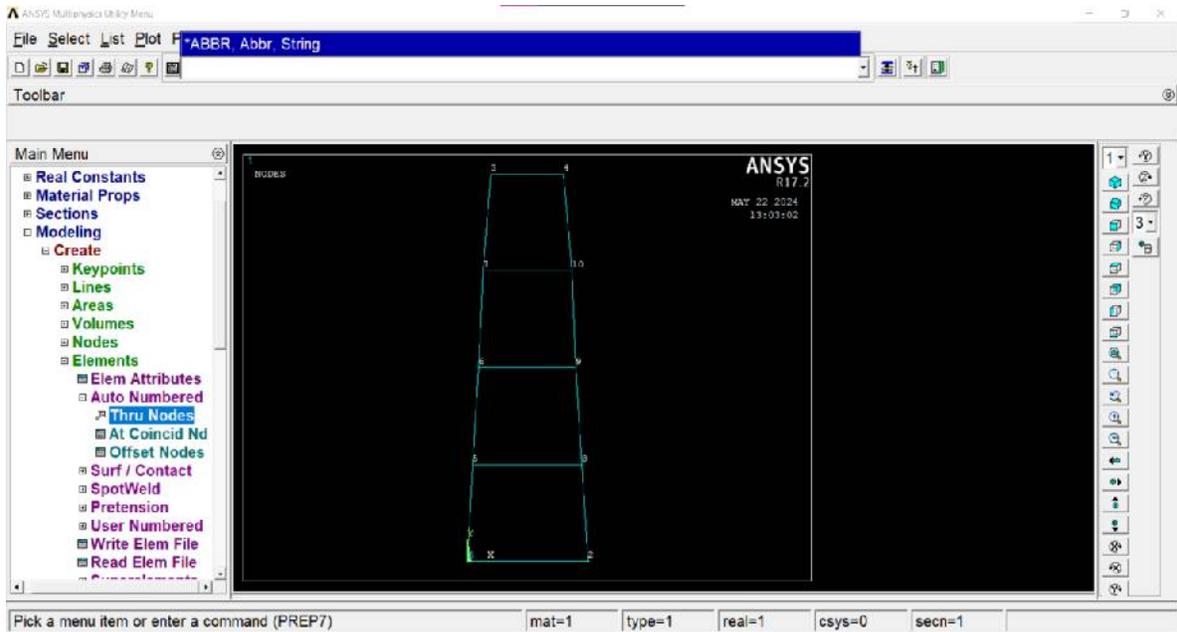


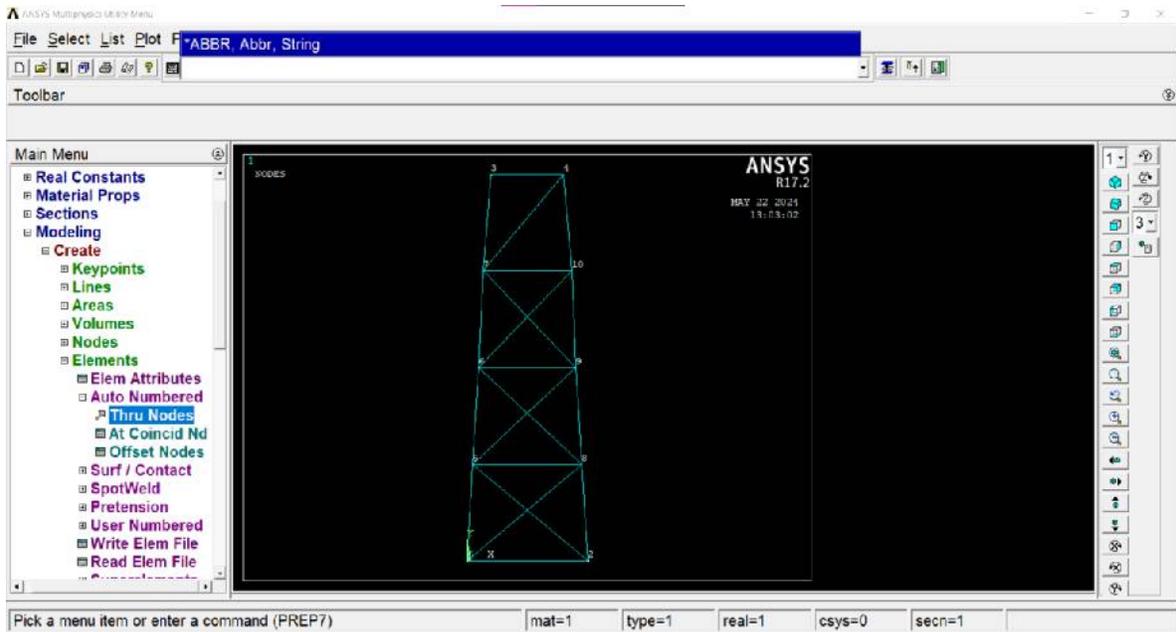


Se unen los nodos

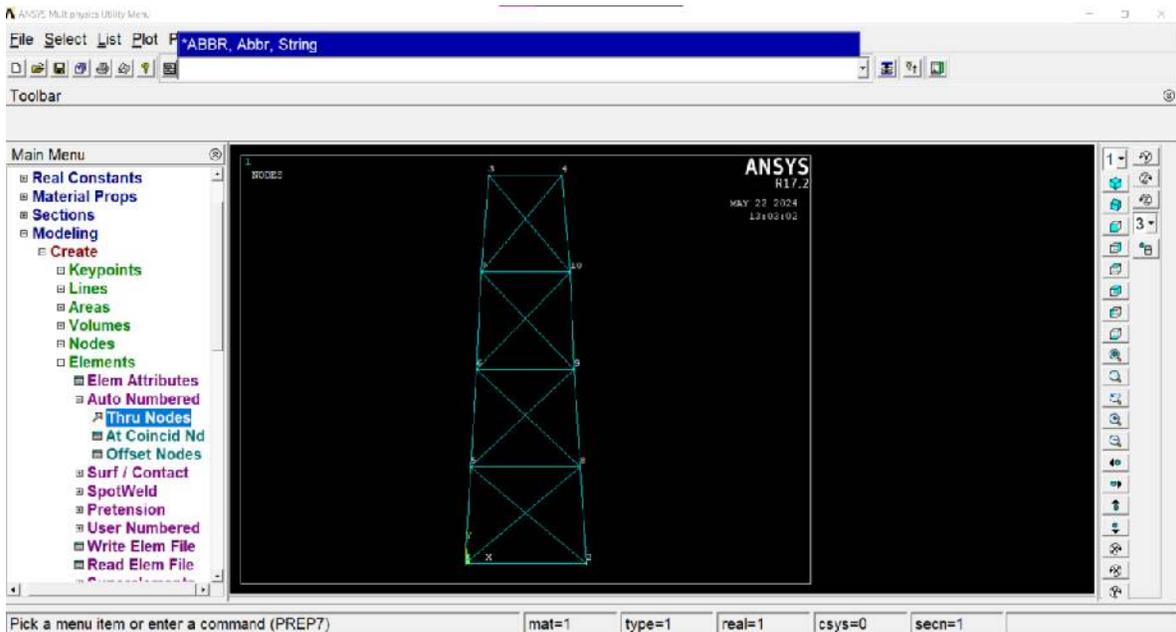




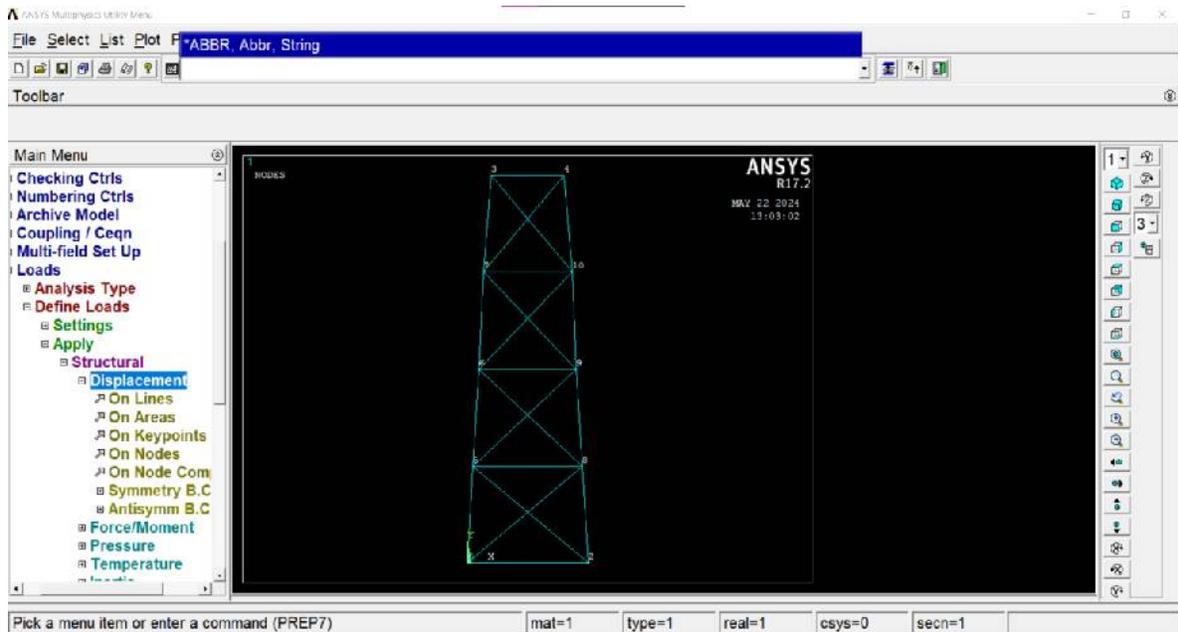




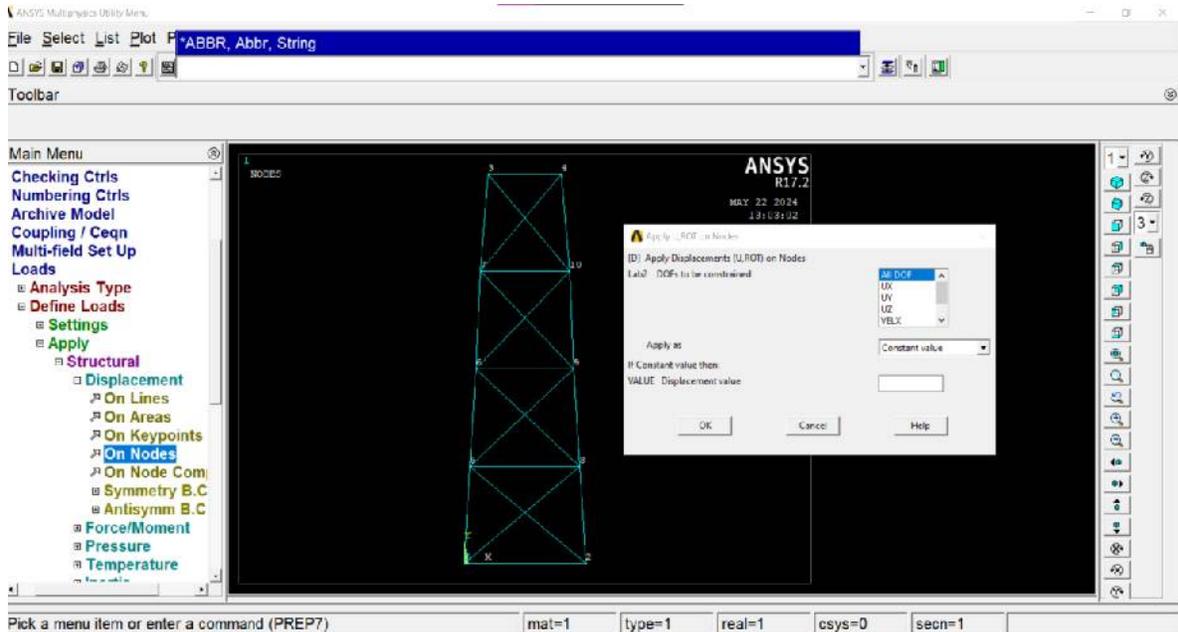
Con esto se tiene ya unida la estructura

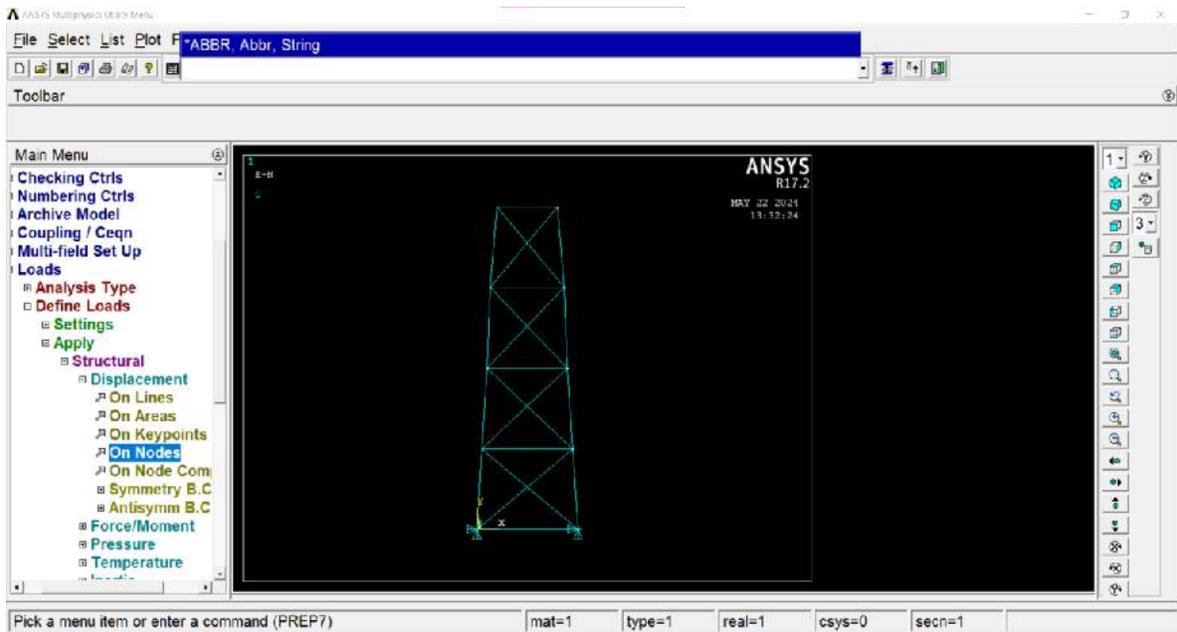
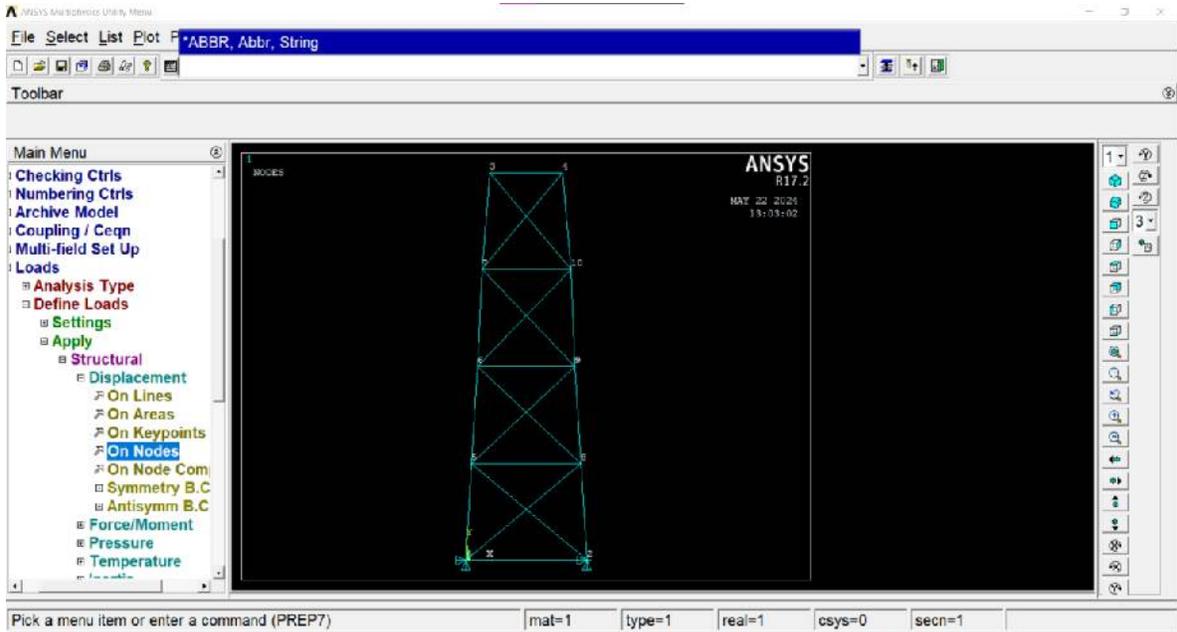


Se procede a poner cargas en la estructura

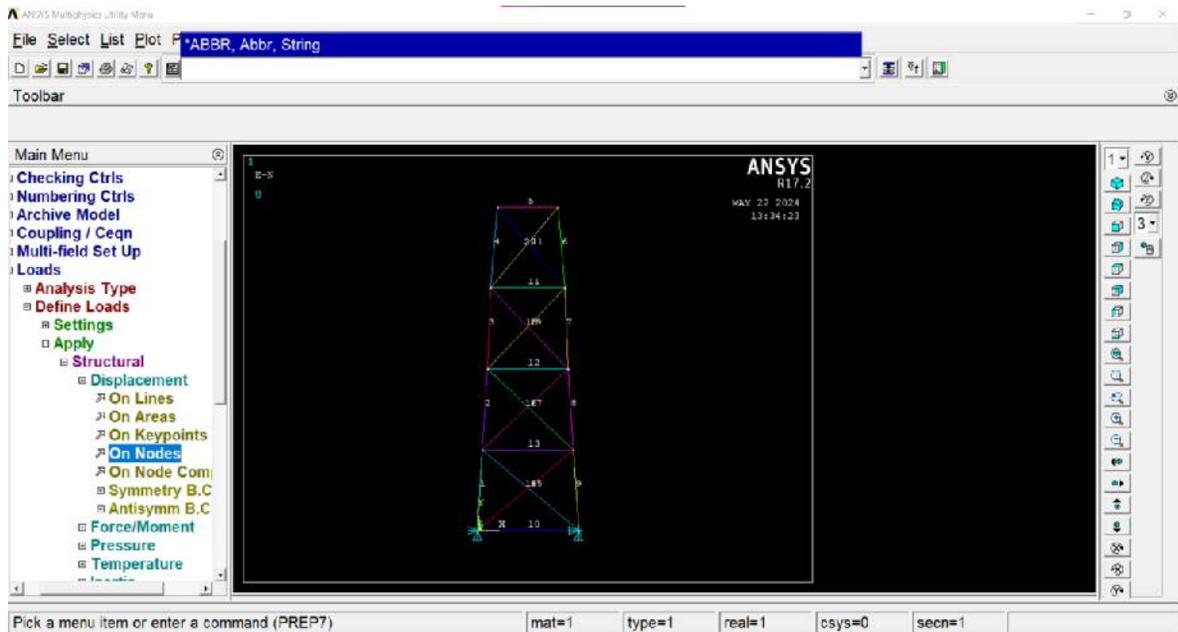


Se procede a restringir los grados de libertad de la base

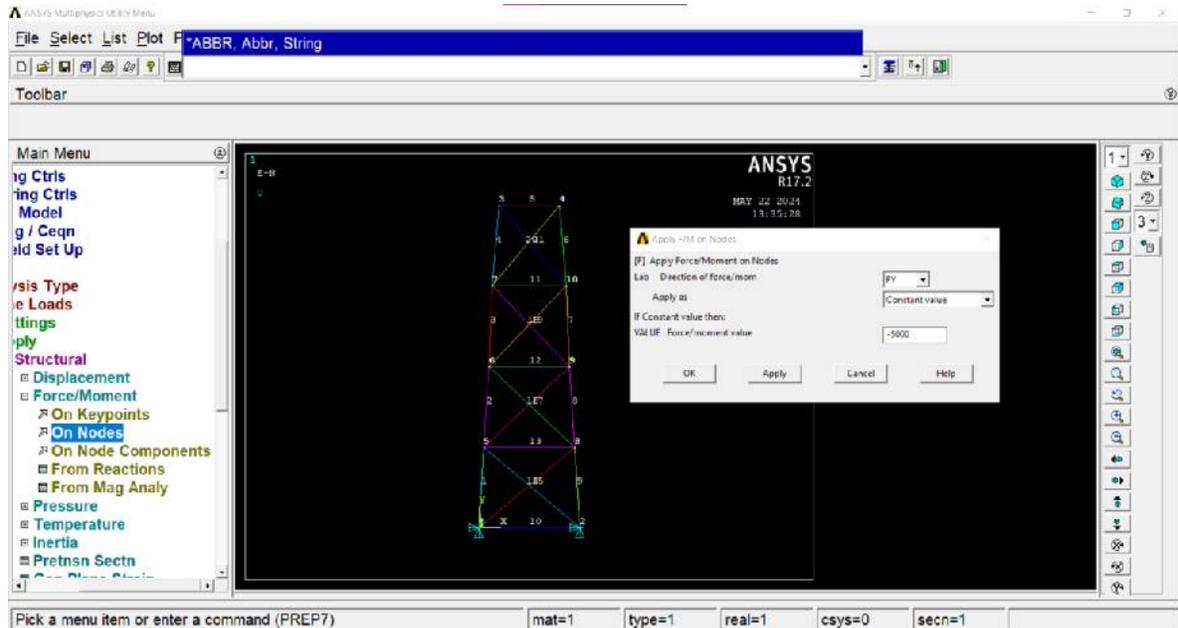


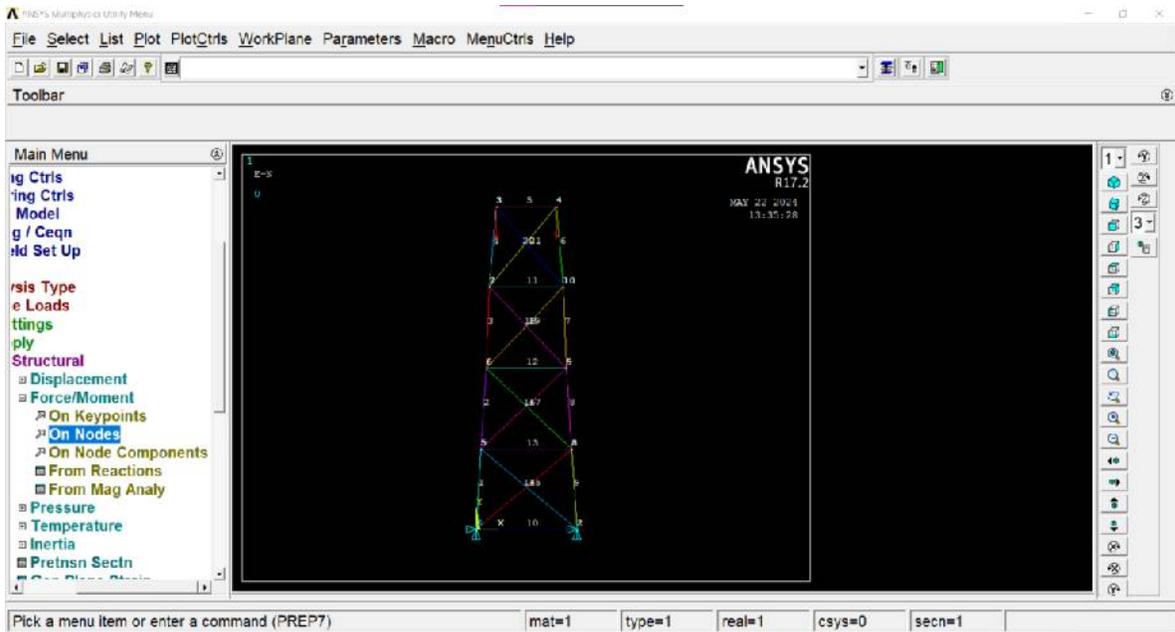


Se enumeran los elementos

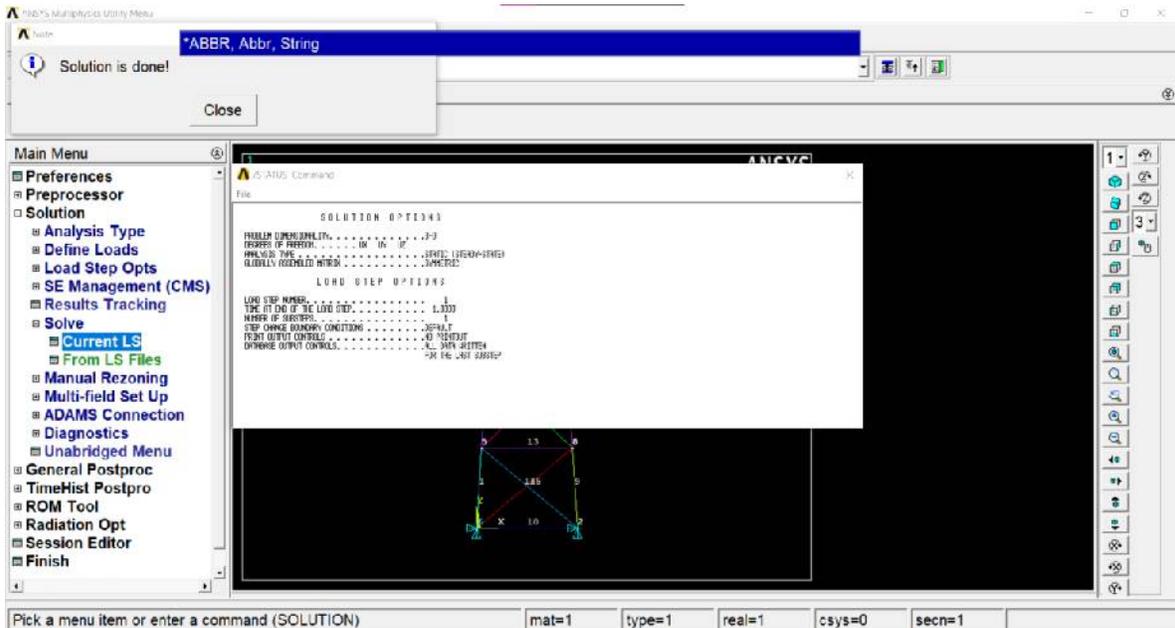


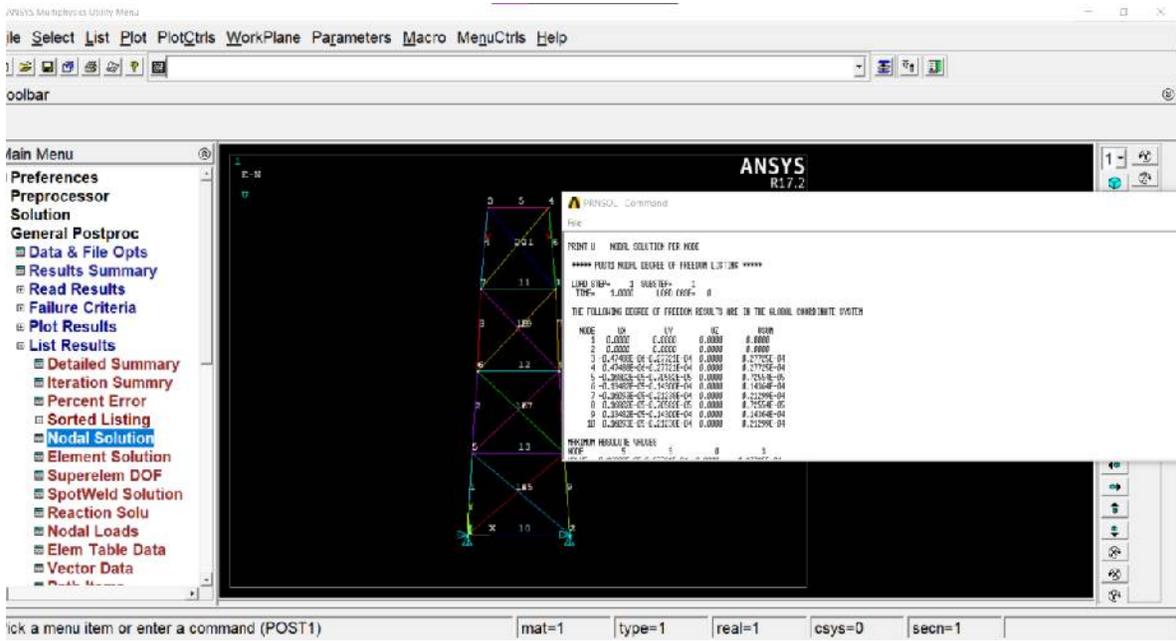
Se proceden a aplicar fuerzas en la parte de arriba en la estructura.



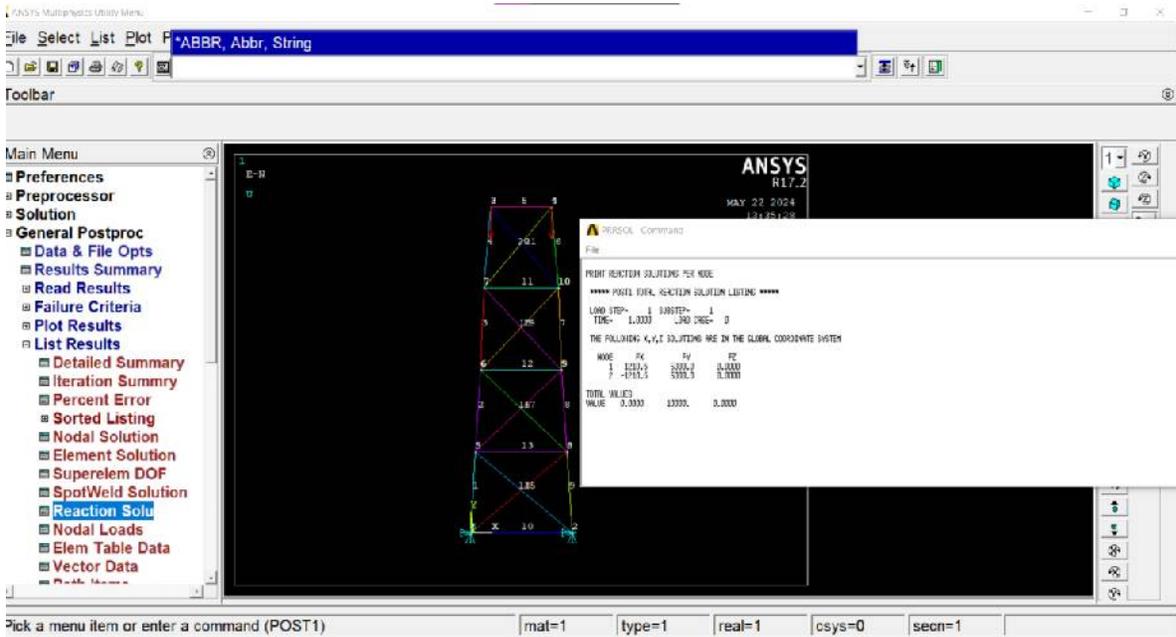


Nos dirigimos al apartado de Solve para proseguir con el análisis

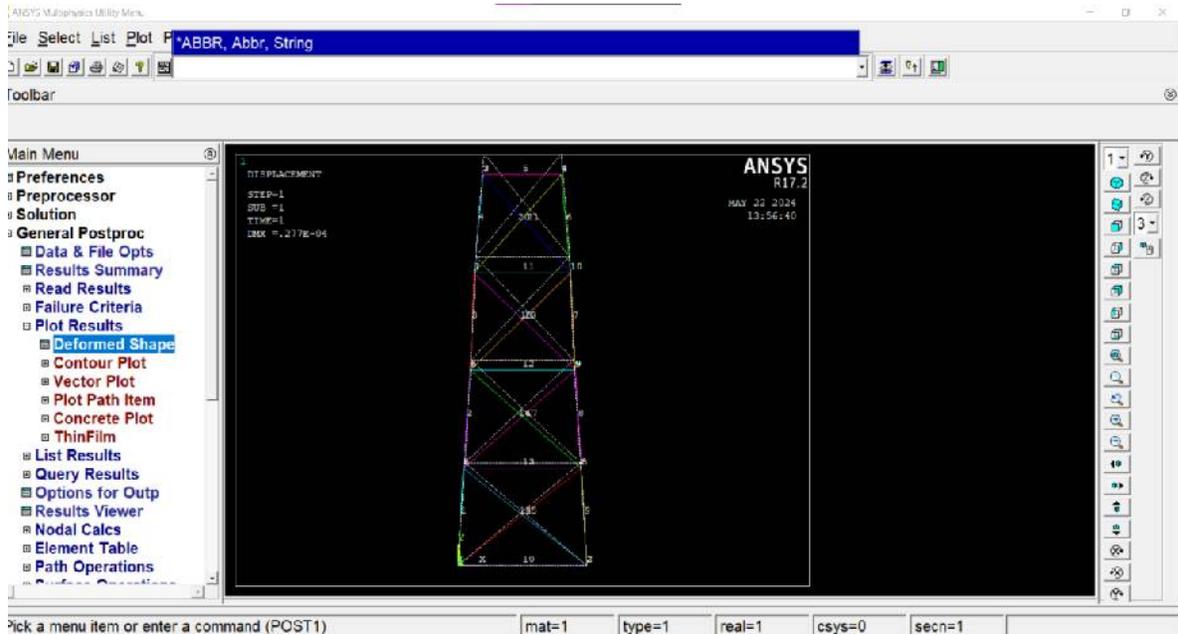




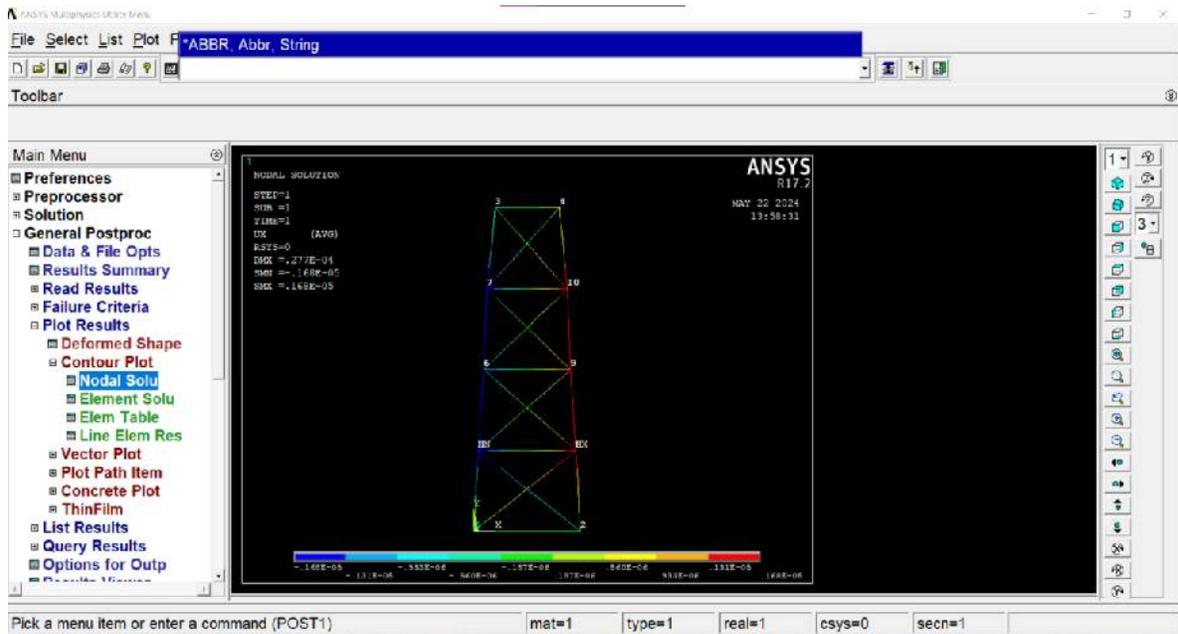
Se procede a checar todas las reacciones de la estructura.



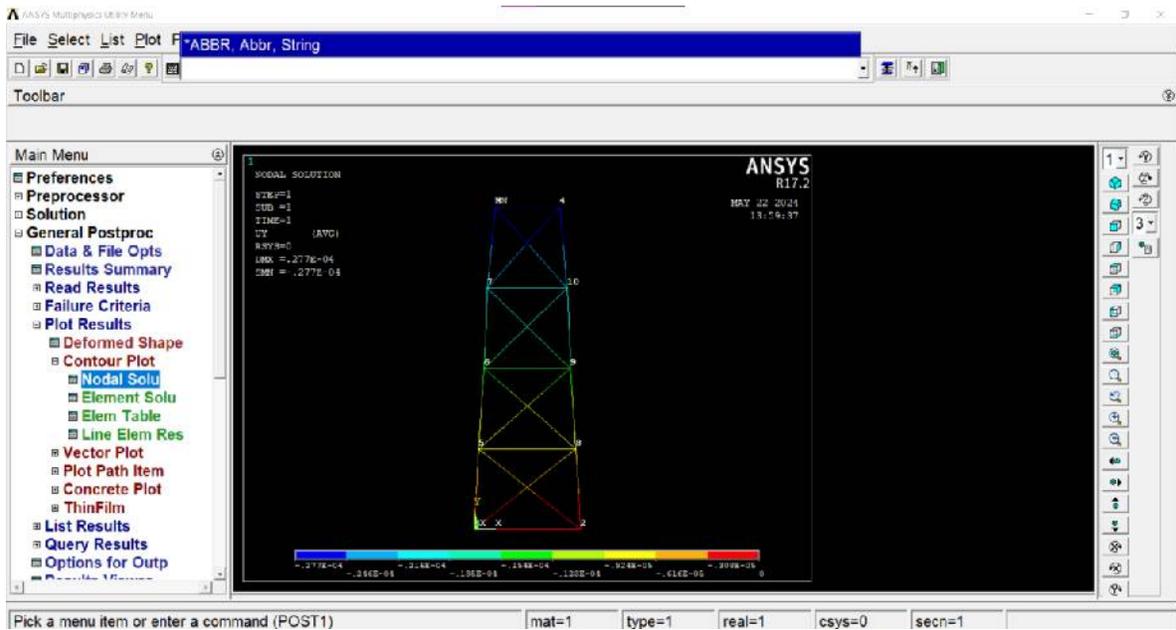
Se hacen las simulaciones de deformación de la estructura



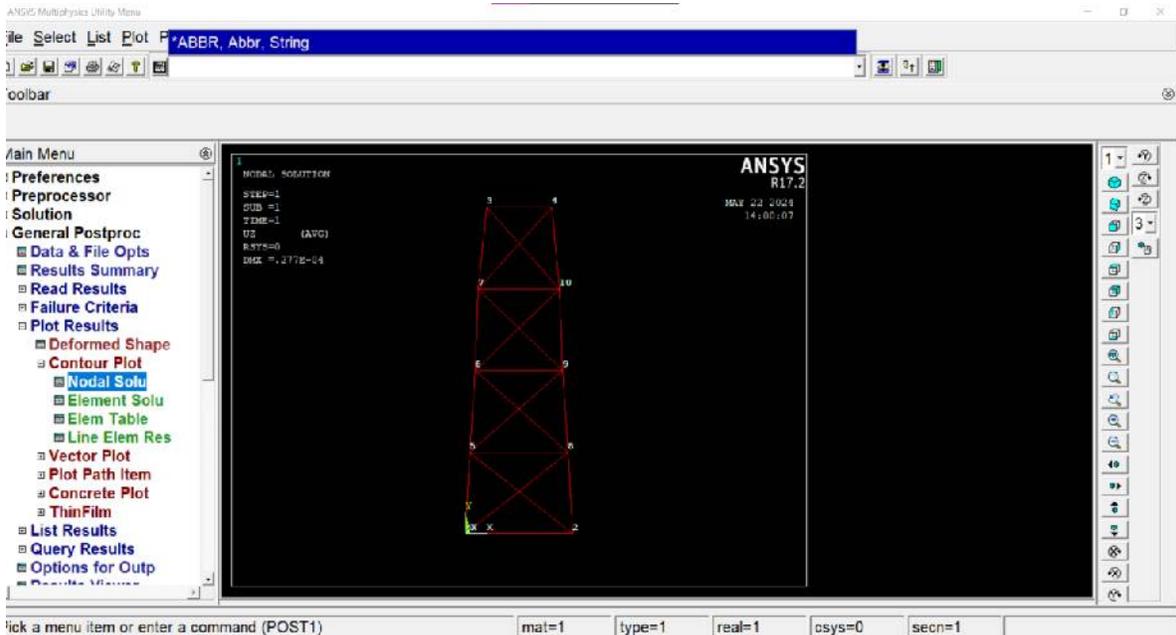
Deformaciones en X



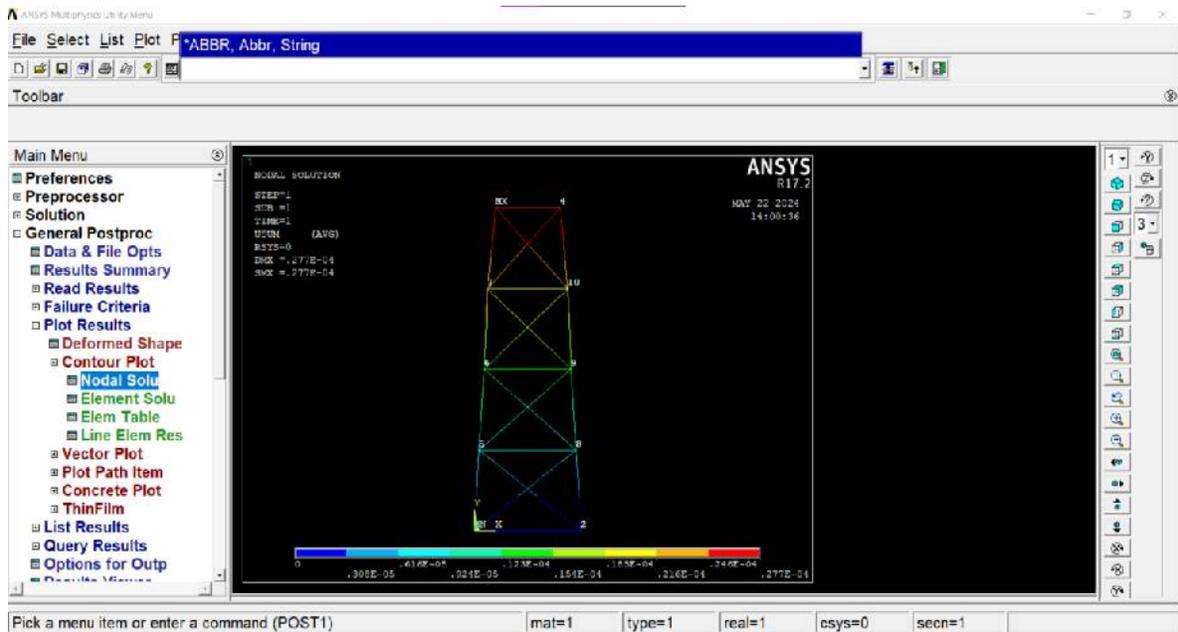
Deformaciones en Y



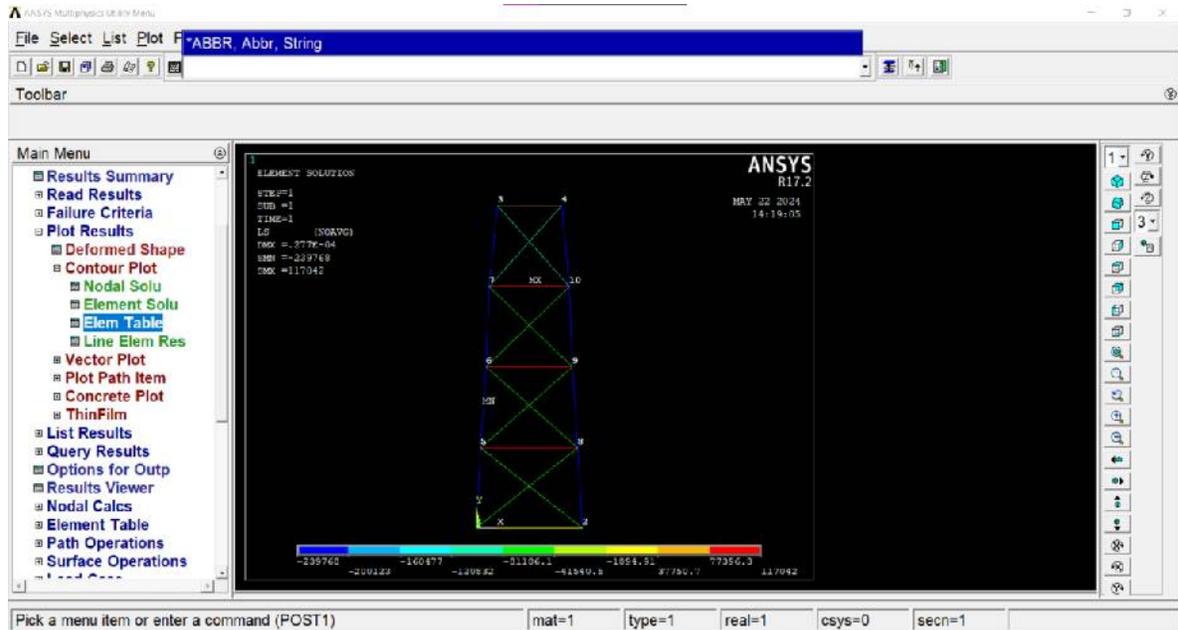
Deformaciones en Z



Deformación en toda la estructura



Conclusión la estructura resiste la carga del tanque de agua



DATOS COMPARADOS MEDIANTE ANALISIS EN ANSYS Y LA NORMATIVA

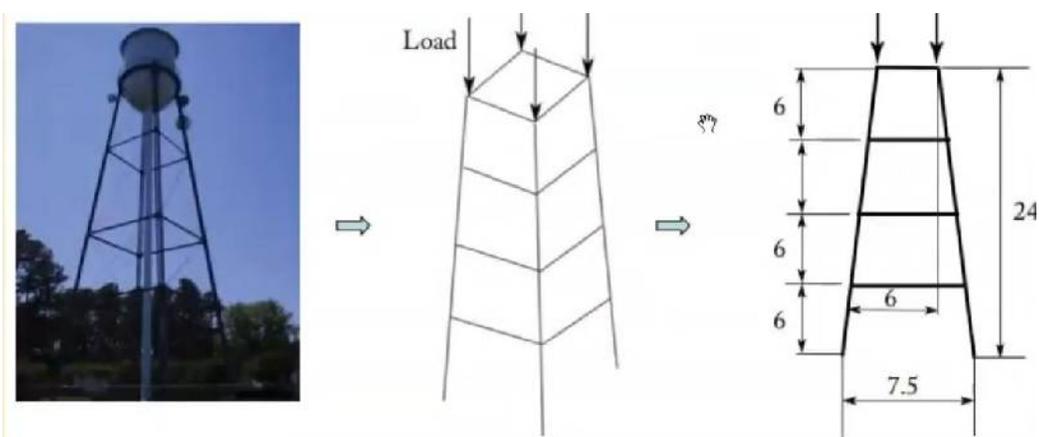
Se puede concluir que las estructuras de acero para torres de agua, compuestas principalmente por vigas de acero, son componentes estructurales diseñados para soportar cargas lineales, ya sean puntuales o distribuidas, en una única dirección. Durante la construcción de una torre de agua, la estructura utilizada es una de las partes más importantes, ya que permite levantar la obra de manera segura, brindando estabilidad y resistencia frente a amenazas comunes como la lluvia y fenómenos naturales más graves como los terremotos.

Por otra parte, ANSYS APDL es un software de simulación que ayuda a resolver problemas de ingeniería en diversas industrias, como la aeroespacial, automotriz, energética, electrónica, manufacturera, etc. Este software permite realizar análisis de piezas o conjuntos sometidos a distintos fenómenos físicos. Con la ayuda de ANSYS APDL, se diseñó una torre de estructura metálica para el almacenamiento de agua potable, utilizando como referencia las normas ASTM A36 y AWWA D100.

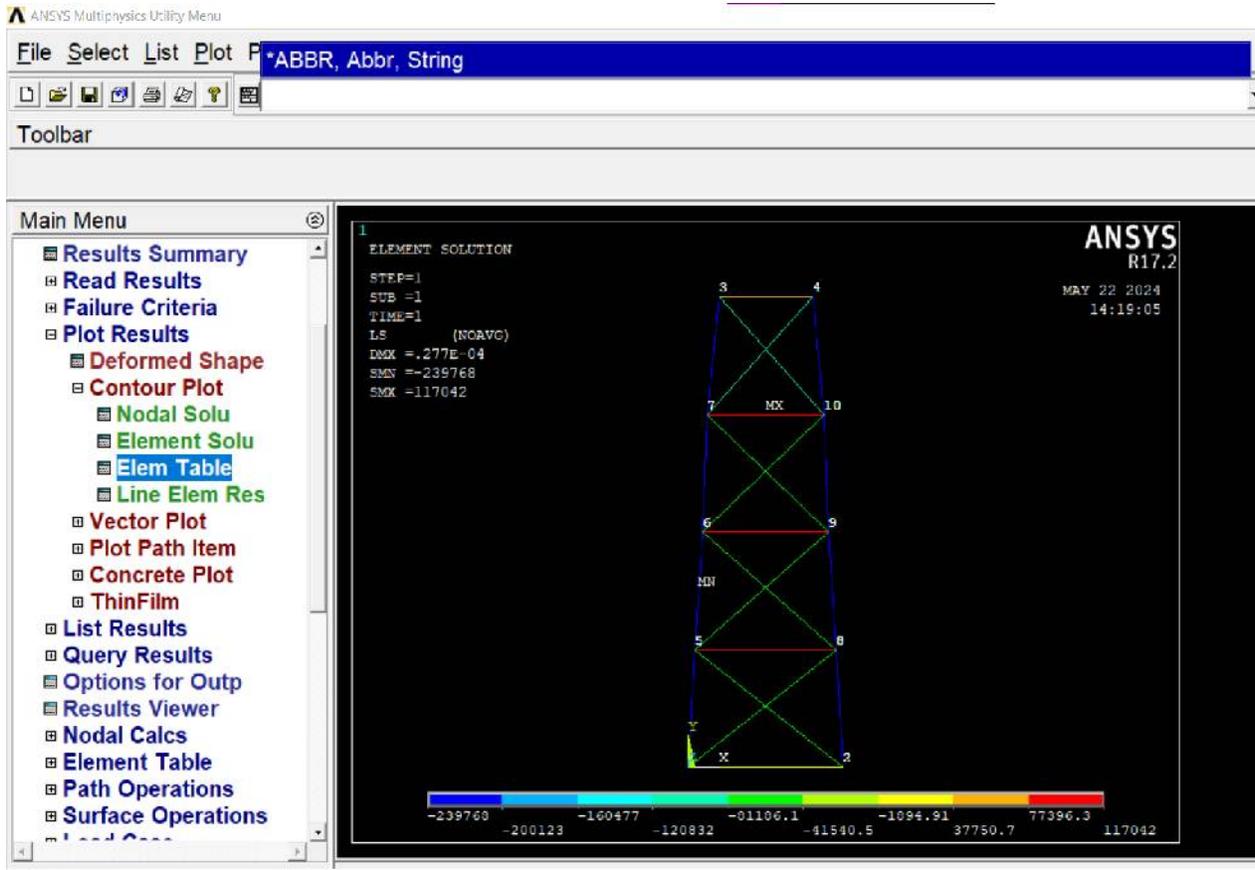
La norma ASTM A36 establece que el módulo de elasticidad que puede soportar una estructura de acero para fines de carga de fluidos es de 250 GPa (equivalente a 2549.29 kg/cm²) y con un límite de rotura de 400 MPa (equivalente a 4588.72 kg/cm²). Cabe mencionar que existen variaciones en dichas normas debido a las distintas variaciones en el acero a utilizar, pero en esta ocasión se optó por el acero estructural. Por otra parte, la AWWA D100 establece que la unidad de peso utilizada para el agua será de 62,4 lb/ft³ (1.000 kg/m³).

Para la simulación se tomó como ejemplo una estructura de una torre de agua soportando un tanque de agua con una carga de 5000 N. Utilizando los datos de las normas, se puede afirmar que la estructura de la torre de agua no cumple con los estándares de calidad establecidos en las normas ASTM A36 y AWWA D100, ya que sus límites de deformidad se encuentran fuera de los estándares establecidos, lo cual impide que cumpla su objetivo de soportar las cargas a las que estaría sometida al ser utilizada para almacenar agua.

Para concluir, las fuerzas aplicadas a la estructura de la torre de agua en la simulación en ANSYS APDL mostraron que la estructura se deforma significativamente antes de su falla. Cabe mencionar que para que esto suceda deben presentarse múltiples factores. Se concluye que, después de aplicar estas fuerzas, la estructura metálica de la torre de agua, utilizando el material especificado, no soportará las cargas y no cumplirá con los estándares de calidad establecidos por las normas ASTM A36 y AWWA D100.



Ejemplo tomado para la simulación en Ansys APDL.



Resistencia de la carga del tanque de agua.

Los datos proporcionados corresponden a las reacciones nodales en una estructura bajo ciertas condiciones de carga. Estas reacciones representan las fuerzas necesarias en los puntos de restricción o soporte para mantener el equilibrio de la estructura.

```

PRINT REACTION SOLUTIONS PER NODE

***** POST1 TOTAL REACTION SOLUTION LISTING *****

LOAD STEP=      1  SUBSTEP=      1
TIME=      1.0000  LOAD CASE=      0

THE FOLLOWING X,Y,Z SOLUTIONS ARE IN THE GLOBAL COORDINATE SYSTEM

      NODE      FX      FY      FZ
        1  1210.6   5000.0   0.0000
        2 -1210.6   5000.0   0.0000

TOTAL VALUES
VALUE   0.0000   10000.   0.0000

```

Desglose de los Datos:

Carga Paso y Sub paso:

LOAD STEP= 1, SUBSTEP= 1: Esto indica que los datos corresponden al primer paso de carga y el primer sub paso.

Tiempo:

TIME= 1.0000: Esto puede representar una unidad de tiempo en el análisis transitorio o simplemente un factor de carga para un análisis estático.

Sistema de Coordenadas Global:

Las reacciones están reportadas en el sistema de coordenadas global.

-Interpretación de los Resultados:

Las fuerzas de reacción F_X en los nodos 1 y 2 son de igual magnitud, pero en direcciones opuestas, lo que sugiere que están equilibradas en la dirección X .

Ambas fuerzas de reacción F_Y en los nodos 1 y 2 son iguales y suman un total de 10000 unidades en la dirección Y , lo que indica una carga vertical total que está siendo soportada por estos dos nodos.

No hay fuerzas de reacción en la dirección Z en ninguno de los nodos, lo que sugiere que no hay carga o restricción en esa dirección en este modelo.

Las reacciones en los nodos 1 y 2 están equilibradas en la dirección X , con fuerzas iguales y opuestas. En la dirección Y , ambos nodos soportan una carga vertical total de 10000 unidades. Esto proporciona una idea de cómo se distribuyen las fuerzas de soporte en la estructura y ayuda a verificar si el sistema de soporte es adecuado para las cargas aplicadas.

FORMULA

Dimensiones de la torre:

Altura total: 24 m

Ancho inferior: 7.5 m

Ancho de la sección intermedia: 6 m

Altura de cada sección: 6 m

Carga aplicada: 5000 N

-Supuestos y Simplificaciones

- ❖ La carga se distribuye uniformemente entre las cuatro patas de la torre.
- ❖ El análisis se realizará en una sección crítica, por ejemplo, en la base, donde es probable que las fuerzas sean máximas debido a la altura de la estructura.
- ❖ La resistencia a la tracción del acero (σ_t) es 400 MPa (400 N/mm²).
- ❖ Usaremos un factor de seguridad (FS) de 2.

Análisis de Carga

Paso 1: Cálculo de la carga en cada pata

Dado que la carga total es de 5000 N y se distribuye entre las cuatro patas de la estructura:

$$F_{Pata} = \frac{5000N}{4} = 1250N$$

Paso 2: Área de la sección transversal de cada pata

Dimensiones externas: $a \times a$

Espesor: t

$$A = a^2 - (a - 2t)^2 = 100^2 - (100 - 2 \times 10)^2 = 10000 - 6400 = 3600 \text{ mm}^2$$

Paso 3: Esfuerzo en cada pata

El esfuerzo (σ) en cada pata se calcula como:

$$\sigma = \frac{F_{pata}}{A} = \frac{1250N}{3600 \text{ mm}^2} = 0.347 \text{ N/mm}^2$$

Paso 4: Comprobación con la resistencia del material

Comparando con la resistencia permisible del material (σ_{perm}):

$$\sigma_{perm} = \frac{\sigma_t}{FS} = \frac{400 \text{ N/mm}^2}{2} = 200 \text{ N/mm}^2$$

Conclusión de los cálculos

El esfuerzo aplicado en cada pata de la torre (0.347 N/mm^2) es muy inferior a la resistencia permisible del material (200 N/mm^2). Esto indica que, con la carga de 5000 N , la estructura es segura y tiene una capacidad de carga mucho mayor que la carga aplicada. Sin embargo, este es un análisis simplificado y en la práctica se deben considerar muchos otros factores, como la estabilidad estructural, las conexiones, y posibles cargas adicionales (como viento y sismos).

CONCLUSION

Podemos concluir que las estructuras de acero para torres de agua están diseñadas para soportar cargas lineales, concentradas o distribuidas de manera uniforme en una sola dirección. La importancia de estas estructuras radica en su capacidad para soportar el peso del tanque de agua y otras cargas. Las piezas horizontales y verticales de acero proporcionan soporte esencial, asegurando que la torre se mantenga firme. La función principal de estas estructuras de acero es proporcionar un soporte robusto y seguro. Las estructuras de acero se instalan estratégicamente para distribuir las cargas de manera uniforme, lo que permite añadir más elementos y brinda mayor seguridad.

El acero es uno de los materiales más utilizados en la construcción de torres de agua debido a su resistencia, durabilidad y flexibilidad. Las estructuras de acero son esenciales para construcciones que requieren gran altura y resistencia a diversas fuerzas. Se puede conceptualizar una estructura especificando su forma, posición del corte transversal, ubicación y orientación con respecto a la curva donde se aplican las cargas.

ANSYS es un software que utiliza la solución numérica por elementos finitos para resolver diversos problemas de ingeniería. Este software realiza análisis de piezas o conjuntos utilizados en ingeniería y diseño mecánico, sometidos a varios fenómenos físicos, ya sea de manera individual o simultánea. Es utilizado en diversas industrias, como la aeroespacial, automotriz, energética, electrónica, manufacturera y de defensa.

Gracias a ANSYS, pudimos diseñar una estructura de acero para una torre de agua y realizar pruebas de simulación aplicando fuerzas específicas según las normas

correspondientes. Se consideraron las propiedades del material de la estructura, como el módulo de elasticidad y el coeficiente de Poisson. Observamos cómo la estructura experimentaba torsión bajo estas fuerzas, determinando los límites de resistencia. Concluimos que, efectivamente, la estructura de acero puede experimentar torsión bajo las fuerzas aplicadas, demostrando su comportamiento estructural.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

CAMACHO, Robert. Analisis Estructural | PDF | Torre | Cemento. En línea. Scribd. [s. f.]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/338281749/analisis-estructural>. [consultado el 22/05/2024].

En línea. Repositorio Institucional Universidad de Cuenca: Home. [s. f.]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/734/1/ti862.pdf>. [consultado el 22/05/2024].

En línea. UCrea. [s. f.]. Disponible en: <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/18800/AnalisisDeFuerzas.pdf?sequence=3&isAllowed=y>. [consultado el 22/05/2024].

WOLF, Justin R. Torres de agua: infraestructura icónica, oportunidad infrautilizada. En línea. ArchDaily México. 06/12/2020. Disponible en: <https://www.archdaily.mx/mx/952702/torres-de-agua-infraestructura-icónica-oportunidad-infrautilizada>. [consultado el 22/05/2024].

En línea. Repositorio Institucional Universidad de Cuenca: Home. [s. f.]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/734/1/ti862.pdf>. [consultado el 22/05/2024].

WOLF, Justin R. Torres de agua: infraestructura icónica, oportunidad infrautilizada. En línea. ArchDaily México. 06/12/2020. Disponible en: <https://www.archdaily.mx/mx/952702/torres-de-agua-infraestructura-icónica-oportunidad-infrautilizada>. [consultado el 22/05/2024].

En línea. The International Association for Automation and Robotics in Construction – The International Association for Automation and Robotics in Construction. [s. f.]. Disponible en: https://www.iaarc.org/publications/fulltext/isarc2000-159_WB2.pdf. [consultado el 22/05/2024].

En línea. Newark, DE - Official Website | Official Website. [s. f.]. Disponible en: <https://newarkde.gov/DocumentCenter/View/10447/304-Research-Blvd---Plans-Submitted-04-30-2018?bidId=>. [consultado el 22/05/2024].

Structural Analysis of Water Tower Amendment. En línea. FDH Infrastructure Services. [s. f.]. Disponible en: <https://www.fdh-is.com/resources/project-gallery/structural-analysis-of-water-tower-amendment/>. [consultado el 22/05/2024].

En línea. City of Fort Saskatchewan. [s. f.]. Disponible en: <https://www.fortsask.ca/en/your-city-hall/resources/Documents/Report-Plans-Studies/Water-Tower-Structural-Condition-Assessment-Report-2016.pdf>. [consultado el 22/05/2024].

En línea. Welcome to UMPISA-IR - UMPISA-IR. [s. f.]. Disponible en: http://umpir.ump.edu.my/id/eprint/922/1/7_N.Nordin_edit.pdf. [consultado el 22/05/2024].

Standpipe water tower analysis question - Structural engineering general discussion - Eng-Tips. En línea. Eng-Tips Engineering Forums. [s. f.]. Disponible en: <https://www.eng-tips.com/viewthread.cfm?qid=467916>. [consultado el 22/05/2024].

En línea. GFDRR. [s. f.]. Disponible en: <https://www.gfdrr.org/sites/default/files/publication/Criteria%20for%20the%20Analysis%20of%20Vulnerability%20of%20Water%20Storage%20Tanks.pdf>. [consultado el 22/05/2024].

En línea. IRJET- International Research Journal of Engineering and Technology. [s. f.]. Disponible en: <https://www.irjet.net/archives/V4/i6/IRJET-V4I6302.pdf>. [consultado el 22/05/2024].