

DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN TIPO
AEROPÓNICO

CRISTHIAN JAVIER HERNÁNDEZ SALAMANCA
JUAN SEBASTIÁN PIÑEROS MUÑOZ



UNIVERSIDAD EAN
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN
BOGOTÁ, D.C.
2013

DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN TIPO
AEROPÓNICO

CRISTHIAN JAVIER HERNÁNDEZ SALAMANCA

1012363521

JUAN SEBASTIÁN PIÑEROS MUÑOZ

1013609844

Proyecto de grado presentado como requisito para optar al título de:

Ingeniero de Producción

Director:

ENRIQUE B. CEDEÑO, PhD.



UNIVERSIDAD EAN
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN
BOGOTÁ, D.C.
2013

DEDICATORIA

*A Dios,
por ser guardián y guía
a mis padres José y Otilia,
por su amor, constante dedicación y apoyo,
este título es de ellos.*

Cristhian Javier Hernández Salamanca

A Dios.

Por ser mi faro y mi guía en esta travesía.

A mi Familia.

Mis padres Miguel y Clemencia, A Blanquita y a cada uno de los miembros de mi familia, por su apoyo durante todo este tiempo, esto sencillamente es de ustedes.

Juan Sebastián Piñeros Muñoz

RESUMEN

El objetivo del presente proyecto de grado fue realizar un prototipo de diseño de columnas de un sistema de producción agroindustrial tipo aeropónico para determinar un modelo mejorado a través de la simulación del comportamiento en condiciones reales. A su vez se realizó un amplio marco teórico y conceptual, la selección de un modelo base para fijar las características de diseño del mismo y un análisis de los materiales que mejor se adaptarán a las necesidades propias del sistema, logrando así una definición final de 12 posibles diseños. La simulación de los diseños del sistema de producción se realizó con la herramienta de diseño asistido por computadora (CAD), SolidWorks en el módulo de simulación de materiales SolidWorks Simulation realizando tres análisis específicos: estático, pandeo y frecuencia, para determinar el diseño más viable, evaluando las tensiones, esfuerzos y desplazamientos a los que la columna es sometida en condiciones normales y extremas, teniendo en cuenta el material del mismo y apoyados también de una prueba de hipótesis de medias. Una vez se analizaron los resultados se determinó el diseño que obtuvo las mejores características de resistencia a la tensión y desplazamientos por frecuencias, mejorando la calidad de la columna y la capacidad de producción del sistema agroindustrial tipo aeropónico en relación al modelo base.

ABSTRACT

The objective of this project was to carry out a column design prototype of an aeroponic agroindustrial production system to determine an improved model through simulation of its behavior in real conditions. We carried out a comprehensive theoretical and conceptual framework, the selection of a basis model to determine the features of the design and analysis of the materials that best suit the needs of the system, achieving a definition of 12 possible designs. Simulation of the production system design was carried out with the tool for Computer Aided Design (CAD) SolidWorks in the module of materials SolidWorks Simulation, making three specific analyzes: Static, buckling and frequency, to determine the most feasible design, evaluating the stresses, strains and displacements to which the column is subject to normal and extreme conditions, taking into account the material and also supported in a mean hypothesis test. Once the results were analyzed it determined a design which obtained the best characteristics of tensile, strength and displacement frequencies, significantly improving the quality of the column and the production capacity of the aeroponic agroindustrial production system in relation to the base model.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	10
JUSTIFICACIÓN	11
OBJETIVOS	13
OBJETIVO GENERAL	13
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
ALCANCE	15
1. CAPITULO 1. DESARROLLO CONCEPTUAL	16
1.1 DISEÑO	28
1.1.1 DEFINICIÓN.....	28
1.1.2 PROCESO DE DISEÑO	29
1.2 ESTUDIO DE DISEÑOS AEROPÓNICOS EXISTENTES	24
1.2.1 UNIDADES A BAJA PRESIÓN	24
1.2.2 DISPOSITIVOS DE ALTA PRESIÓN	26
1.2.3 SISTEMAS COMERCIALES	27
1.3 CULTIVOS AEROPÓNICOS	16
1.3.1 ORIGEN Y DESARROLLO DE LA AEROPONÍA.....	16
1.3.2 GENERALIDADES DE LA AEROPONÍA	19
1.3.3 VENTAJAS.....	20
1.4 CARACTERIZACIÓN DEL POSIBLE PRODUCTO A CULTIVAR EN EL SISTEMA.....	22
1.4.3 LA LECHUGA	22
1.5 SIMULACIÓN	28
1.5.1 DEFINICIÓN.....	30
1.5.2 TIPOS DE SIMULACIÓN.....	31
1.5.3 ETAPAS EN UN ESTUDIO DE SIMULACIÓN; Error! Marcador no definido.	
1.5.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE USAR LA SIMULACIÓN	32
2. CAPITULO 2. DISEÑO DE LOS MÓDULOS DE PRODUCCIÓN	34
2.1 DEFINICIÓN MODELO BASE	34
2.2 DESARROLLO DEL MODELO PROPIO	36
2.2.1 CLASIFICACIÓN DE PARTES Y SUBPARTES QUE COMPONEN LOS MÓDULOS DE PRODUCCIÓN.....	36
2.2.2 IDENTIFICACIÓN DE MATERIALES.....	38
2.2.3 IDENTIFICACIÓN DE PROCESOS DE MANUFACTURA.....	53
2.3 CONSTRUCCIÓN DEL DISEÑO	55
2.3.1 COLUMNA	56
2.3.2 BASE GIRATORIA	60
2.3.3 ELEMENTOS ADICIONALES	64
2.4 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO PRODUCTIVO	66

2.4.1 EVALUACIÓN Y COMPRA DE PLÁNTULAS	67
2.4.2 PREPARACIÓN PLÁNTULAS	68
2.4.3 SIEMBRA EN ESTRELLAS	68
2.4.4 MADURACIÓN DE LA PLANTA.....	68
2.4.5 RECOLECCIÓN	69
2.4.6 EMPAQUE	69
2.4.7 DISTRIBUCIÓN.....	69
3. CAPITULO 3. SIMULACIÓN DEL MODELO	70
3.1 DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE A UTILIZAR	70
3.2 METODO DE ANALISIS DE ELEMENTOS FINITOS(FEA).....	70
3.2.1 DEFINICIÓN	70
3.2.2 HISTORIA	71
3.2.3 MODELO DE TRABAJO FEA	72
3.3 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL MODULO DE SIMULACIÓN DE MATERIALES EN SOLIDWORKS.....	73
3.3.1 ANÁLISIS ESTÁTICO	73
3.3.2 ESTUDIO DE PANDEO Y FRECUENCIA.....	73
3.3.3 ESTUDIO TÉRMICO.....	74
3.3.5 ESTUDIO DE FATIGA	74
3.3.6 ESTUDIO DE DISEÑO.....	74
3.4 CONSTRUCCIÓN Y DESARROLLO DE LA SIMULACIÓN	75
3.4.1 DEFINICIÓN DE ESTUDIOS A REALIZAR	75
3.4.2 MODELOS A SIMULAR	75
3.4.3. DESARROLLO DE LA SIMULACIÓN	76
3.5 ANÁLISIS DE DATOS Y RESULTADOS.....	89
3.5.1 PARAMETRIZACIÓN SOLVER	89
3.5.2 ANÁLISIS ESTUDIO ESTÁTICO	¡Error! Marcador no definido.
3.5.3 ANÁLISIS ESTUDIO DE PANDEO	91
3.5.4 ANÁLISIS ESTUDIO DE FRECUENCIA	93
3.5.5 ANÁLISIS DEL MODELO SELECCIONADO	104
3.5.6 LIMITACIONES DEL ESTUDIO DE SIMULACIÓN	106
4. CAPITULO 4. DESARROLLO DEL PROTOTIPO	107
4.1 IDENTIFICACIÓN DE MATERIALES	107
4.2 ELABORACIÓN DEL MODULO	110
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	115
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	116

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Centro Curso de Horticultura Protegida	17
Figura 1.2 Esquema Sistema Aeropónico	18
Figura 1.3 Corte de sistema aeropónico primario de crecimiento de plantas.....	25
Figura 1.4 Modelo aeropónico de baja presión horizontal.....	26
Figura 1.5 Diseño aeropónico de alta presión propuesto por Harwood (2009)	27
Figura 1.6 Modelo aeropónico comercial desarrollado por Thomas (2009)	28
Figura 2.1 Modelo Rotacional Vertical Rosas y Huertas (2012).....	35
Figura 2.2 Modulo de elasticidad polímeros termoplásticos.....	44
Figura 2.3 Resistencia a la tensión polímeros termoplásticos.....	44
Figura 2.4 Limite de rotura y fluencia de aceros SAE de bajo y medio carbono .	51
Figura 2.5 Construcción geometría y extrusión de la columna de 8 caras	58
Figura 2.6 Extrusión corte interno de columna.....	58
Figura. 2.7 Extrusión de agujeros por matriz geométrica, equidistantes a 150 mm	59
Figura 2.8 Definición de sujeción en la parte superior de la columna	59
Figura 2.9 Esquema general del diseño propuesto para las columnas de producción.....	60
Figura 2.10 Detalle Base giratoria.....	61
Figura 2.11 Detalle sujeción base giratoria a columna en uno de los extremos....	62
Figura: 2.12 Detalle sujeción base giratoria a columna en el extremo opuesto	62
Figura 2.13 Plano completo de la base giratoria	63
Figura 2.14 Diseño de la ubicación barra luces LED en estrella	64
Figura 2.15 Generalidades construcción soporte estrella	65
Figura 2.16 Ensamble general de los elementos pertenecientes a la propuesta de diseño de un sistema aeropónico vertical.	66
Figura 2.17 Diagrama de flujo proceso de producción de lechugas por medio aeropónico.....	67
Figura 3.1 Estudio de Simulación Estática	77
Figura 3.2 Estudio de Simulación Estática Materiales.....	78
Figura 3.3 Estudio de Simulación Estática Sujeciones.....	79
Figura 3.4 Estudio de Simulación aplicación de cargas.	81
Figura 3.5 Generación del mallado estándar.....	82
Figura 3.6 Mallado estándar.....	82
Figura 3.7 Estudio de Simulación resultados.	83
Figura 3.8 Parametrización Solver	89
Figura 3.9 Ingreso evaluación de muestras y parámetros de prueba de hipótesis	99
Figura 3.10. Informe sobre potencia de una prueba de hipótesis de medias	100

Figura 3.11. Diagrama de dispersión de desplazamientos de los diseños evaluados.....	101
Figura 3.12. Resultado prueba de hipótesis de medias en Minitab	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Tiempos de Cosecha agricultura tradicional.....	21
Tabla 1.2 Tabla de rendimiento comparativo entre agricultura tradicional y cultivos Hidropónicos	22
Tabla 2.1 Generalidades modelo Rosas y Huertas (2012).....	35
Tabla 2.2 Caracterización de materiales termoplásticos	41
Tabla 2.3 Termoplásticos con mejores propiedades mecánicas	45
Tabla 2.4 Relación costo por volumen unitario con relación al costo acero al carbono	47
Tabla 2.5 Propiedades mecánicas típicas de aceros al carbono y aleados seleccionados en el estado de laminado en caliente, normalizados y recocidos. .	49
Tabla. 2.6 Definición combinación de características columnas prototipo a simular	56
Tabla 3.1 Modelos propuestos de simulación.	76
Tabla 3.2 Tabla de Fuerzas aplicadas	80
Tabla 3.3 Tabla de Análisis Estático	91
Tabla 3.4 Tabla de Análisis Estudio de Pandeo.	91
Tabla 3.5 Tabla de Análisis Estudio de Frecuencias.....	93
Tabla 3.6 Columna de datos en Y para prueba de hipótesis de medias en Minitab	99
Tabla 3.7 Análisis de intervalos de medias que no difieren entre sí.....	103
Tabla 3.8 Factor de Seguridad Estudio de Pandeo.....	105
Tabla 4.1 Identificación de materiales para el desarrollo del prototipo.....	107
Tabla. 4.2 Descripción elaboración prototipo	110

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A Análisis ABS 6C 2200 Milímetros.....	1
ANEXO B Análisis ABS 8C 1800 Milímetros.....	21
ANEXO C Análisis ABS 8C 2200 Milímetros.....	37
ANEXO D Análisis HIPS 6C 2200 Milímetros.....	55
ANEXO E Análisis HIPS 8C 1800 Milímetros.....	74
ANEXO F Análisis HIPS 8C 2200 Milímetros.....	92
ANEXO G Análisis PET 6C 2200 Milímetros.....	112
ANEXO H Análisis PET 8C 1800 Milímetros.....	129
ANEXO I Análisis HIPS 6C 1800 Milímetros.....	148
ANEXO J Análisis PET 8C 2200 Milímetros.....	159
ANEXO K Modelos matemáticos estudiados.....	176

INTRODUCCIÓN

La agricultura es uno de los sectores económicos más importantes del mundo y ha sido la base fundamental del crecimiento organizacional que los seres humanos han tenido en los últimos siglos. Sin embargo se hace necesario recurrir a alternativas de producción agrícola que beneficien el medio ambiente y a su vez contribuya a la sostenibilidad alimentaria generada por la alta demanda de estos y del crecimiento poblacional que se registra constantemente. Existen alternativas de producción, como la hidroponía o aeroponía, que entre otros beneficios ecológicos tiene la no erosión de suelos y la reducción del consumo de agua, además son una excelente opción de producción de alimentos, no sólo por los beneficios mencionados, sino además por la calidad de los elementos cultivados en el sistema. Estos sistemas son ampliamente conocidos y aplicados en países industrializados; en Colombia se conoce muy poco por la desaceleración de la participación económica de este sector en la economía nacional. Por esta razón se hace necesario estudiar e implementar en el futuro inmediato sistemas de producción aeropónicos, base del presente trabajo de grado, donde se da conocer la importancia y se evalúan temas técnicos, como la garantía en la implementación, y el diseño en condiciones reales y extremas.

Es por eso que en el presente trabajo se realizó la evaluación de 12 posibles alternativas de diseños de las columnas de producción de un sistema de producción aeropónico basados en un modelo existente por medio de la amplia investigación en sistemas aeropónicos, teniendo en cuenta factores de diseño, tamaño y material de las columnas, sometiéndolas a estudios de análisis de pandeo, estático, de frecuencia y a fuerzas creadas en condiciones reales del sistema. La metodología utilizada se basó en la identificación del problema, en la búsqueda de modelos existentes, teniendo en cuenta diferentes materiales y características particulares de funcionamiento, la construcción de los posibles diseños y evaluación de los mismos. Hay que tener en cuenta que la incorporación de modelos matemáticos en la producción de cultivos ha permitido el uso de técnicas avanzadas para controlar el clima y factores y/o variables aleatorias que afectan el crecimiento de las plantas (Munack & Tantau, 1997), mas sin embargo por ser este un tema de validación del diseño de un prototipo productivo mejorado, los modelos matemáticos del crecimiento de plantas no afectan el desarrollo de este proyecto.

Finalmente la importancia del presente proyecto radica en la viabilidad operativa que existe al desarrollar un modelo nuevo y aplicable a la industria colombiana que como se mencionó anteriormente carece de avances en este sector económico.

JUSTIFICACIÓN

En los últimos años la Agricultura en Colombia no ha presentado avances significativos, por el contrario según diferentes cifras parece estar en un largo estancamiento, lo que hace que el país sea poco competitivo en la región. Según Fedesarrollo (2011) en su informe mensual 109 de tendencia económica, es posible observar la desaceleración en la participación sectorial de la agricultura en el PIB en Colombia en los últimos 40 años. Mientras en la década de los setentas la participación fue de 18.6% hoy día es de un 14.1% cediendo espacio al sector de los servicios y minería. Esto significa que el crecimiento en promedio en los últimos 40 años ha sido de tan solo un 2.6%. Según el informe de Fedesarrollo esta desaceleración es atípica es los países de América Latina que es consecuencia de la falta de competitividad del sector Agrícola en Colombia.

A pesar de que en materia comercial Colombia ha gozado con una balanza positiva respecto a sus exportaciones e importaciones, las importaciones agrícolas se han duplicado en la última década pasando de 621 millones de dólares anuales a aproximadamente 1.019 millones (Dane, 2012). Además este fenómeno se espera continúe creciendo debido a los tratados de libre comercio firmados en los últimos años, en los cuales este sector económico se ve fuertemente afectado. Según cifras registradas en el informe de rendición de cuentas (2011-2012) del ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) en el 2006 se calcularon 4.491.237 millones de áreas cultivadas con una producción de 24.409.700 millones de toneladas para ese mismo año y 4.969.774 millones de hectáreas cultivadas con una producción de 24.935.349 millones de toneladas, lo que significa que para producir 1 tonelada de cualquier tipo de alimentos se está utilizando 0.18 Hectáreas de suelo, es decir que para producir 1 kg se están utilizando 1.8 m². Con sistemas como los estudiados en el presente proyecto, en un espacio de 4 m² se pueden producir hasta 141 Kg, esto para el caso de las lechugas.

Es por eso que se hace necesario comenzar a transformar la agricultura en Colombia en uno de los sectores económicos más fuertes y ese comienzo está orientado al desarrollo y aplicación de nuevos y mejores métodos de producción como es el de la aeroponía, método por el cual se puede preservar la calidad de los suelos, producir más con mejor calidad y menores tiempos de cosecha siendo verdaderamente efectivos en la mejora de los indicadores de producción e índice de PIB en el sector agrícola en Colombia y ser competentes internacionalmente.

De esa necesidad surge la idea de investigar y determinar cuáles han sido los mejores métodos de sistema aeropónicos, que combinen características de

diseño, capacidad de producción, materiales y economía en su posible implementación, para así establecer un modelo base que sea fácilmente aplicable en el territorio nacional evaluando dichas características a través de la simulación de resistencia de materiales, puesto que por este medio se puede determinar la viabilidad de desarrollar e implementar a futuro un prototipo, que cumpla con estándares de larga vida útil y calidad, sin asumir grandes riesgos en la posible ejecución de dicho proyecto, evitando la inversión de grandes recursos y asegurando un sistema de producción viable, económico y posiblemente con mayor capacidad de producción.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Realizar el diseño de un prototipo de un sistema de producción tipo aeropónico.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar la recolección de información relacionada con sistemas de producción agroindustrial.
- Elaborar diferentes prototipos de módulos productivos para identificar el mejor diseño que permita establecer un número máximo de unidades de producción.
- Presentar un prototipo del modelo productivo planteado.

METODOLOGÍA

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN			
OBJETIVOS ESPECIFICOS	ACTIVIDADES	HERRAMIENTAS	EVIDENCIAS
Realizar la recolección de información relacionada con sistemas de producción agroindustrial	Realizar investigación bibliográfica	Internet	Sección 1.1
	Realizar visitas a campo	Libros	Página 114
	Realizar entrevistas	Visitas	
	Realizar entrevistas	Entrevista	
	Realizar entrevistas	Observación directa	
Elaborar diferentes prototipos de módulos productivos para identificar el mejor diseño que permita establecer un número máximo de unidades de producción	Definir el modelo base	Observación directa	
		Visitas	
	Identificar materiales del prototipo	Libros	Sección 2.2.2
	Elaborar los diseños planteados	SolidWorks	Sección 2.3
	Simular los diseños planteados	SolidWorks Simulation (Análisis de Pandeo, frecuencia, estático)	Capítulo 3
	Seleccionar el diseño con mejor desempeño según materiales identificados		Sección 3.5.5
	Comprobar estadísticamente el diseño seleccionado	Prueba de hipótesis de medias (Minitab)	Sección 3.5.4.1
Presentar un prototipo del modelo productivo planteado	Identificar materiales del prototipo realizado	Observación e investigación	Tabla 4.1
	Elaborar el prototipo planteado	Cuadro desarrollo de la elaboración	Tabla 4.2

ALCANCE

En esta investigación se desarrolla la evaluación de diseños de un sistema de producción agroindustrial flexible tipo aeropónico, basado en la investigación de modelos ya existentes, este diseño se validó mediante la simulación del mismo en el software SolidWorks, confirmando características de diseño y materiales.

Para la comprobación de este diseño se realizó un prototipo a escala el cual se limitó a cumplir con las especificaciones técnicas del modelo y su funcionamiento. Este modelo no fue puesto a prueba con cultivos reales, debido a la complejidad que eso implica ameritando una investigación independiente con la participación de expertos en el área y mayores recursos.

1. CAPITULO 1. DESARROLLO CONCEPTUAL

1.1 CULTIVOS AEROPÓNICOS

1.1.1 ORIGEN Y DESARROLLO DE LA AEROPONÍA

La palabra aeroponía se deriva de los términos griegos *Aero* (aire) y *ponos* (trabajo). La aeroponía es una técnica de cultivo moderno, por medio de la cual una planta se desarrolla en un entorno aéreo, las sustancias nutritivas para su adecuado crecimiento se obtienen de un sistema de aspersión continua de nutrientes, aplicados directamente a la raíz de la planta, sin hacer uso del suelo y sin estar sumergida en ningún tipo de sustrato. (Rosas Roa, 2012)

Las primeras investigaciones referentes a la aeroponía se describieron y plantearon por el científico W.A Carter (1942) en su libro: "*A method of growing plants in water vapor to facilitate examination of roots*", en el cual expone una teoría referente al crecimiento de plantas en un entorno aéreo y define un método para facilitar el estudio de las raíces de las plantas en vapor de agua.

El primer sistema aeropónico fue desarrollado por el Dr. Franco Massantini, en la Universidad de Pia Italia (Durán, Martínez, & Navas, 2000), por el sistema denominado como "Columnas de cultivo" el cual consiste en un cilindro tipo PVC, ubicado en posición vertical con perforaciones laterales en donde se introducen las plantas dejando el cuerpo al descubierto y la raíz en el tubo. Las plantas crecen en la oscuridad y pasan la mayor parte del tiempo expuestas al aire. Al interior del tubo se distribuye la solución nutritiva mediante diferentes técnicas como la pulverización o nebulización.

La aeroponía descrita como técnica moderna de producción agrícola tiene numerosas ventajas, Duran, J M. en la revista Vida Rural No. 101 afirma:

La principal ventaja que aporta la aeroponía es la excelente aireación que el sistema proporciona a las raíces, uno de los factores limitantes con los que cuenta la hidroponía. Basta tan solo considerar que la cantidad de oxígeno disuelto en el agua se mide en mg/L, o partes por millón (ppm), siendo de 5-10 mg/L a 20° C, mientras que la cantidad de oxígeno disuelto en el aire se mide en porcentaje (21%), lo que nos indica que la concentración de oxígeno en el aire es del orden de 20.000 veces más elevada que la concentración del mismo gas disuelto en el agua. (Rosas Roa, 2012)

La aeroponía es uno de los sistemas de producción agrícola llamados cultivos sin suelo, en el cual el medio de crecimiento o soporte de la planta puede ser de diferente origen (Hidropónicos o Aeropónicos), a continuación se relaciona los distintos sistemas y medios para cultivos sin suelo realizando (Véase Figura 1.5):

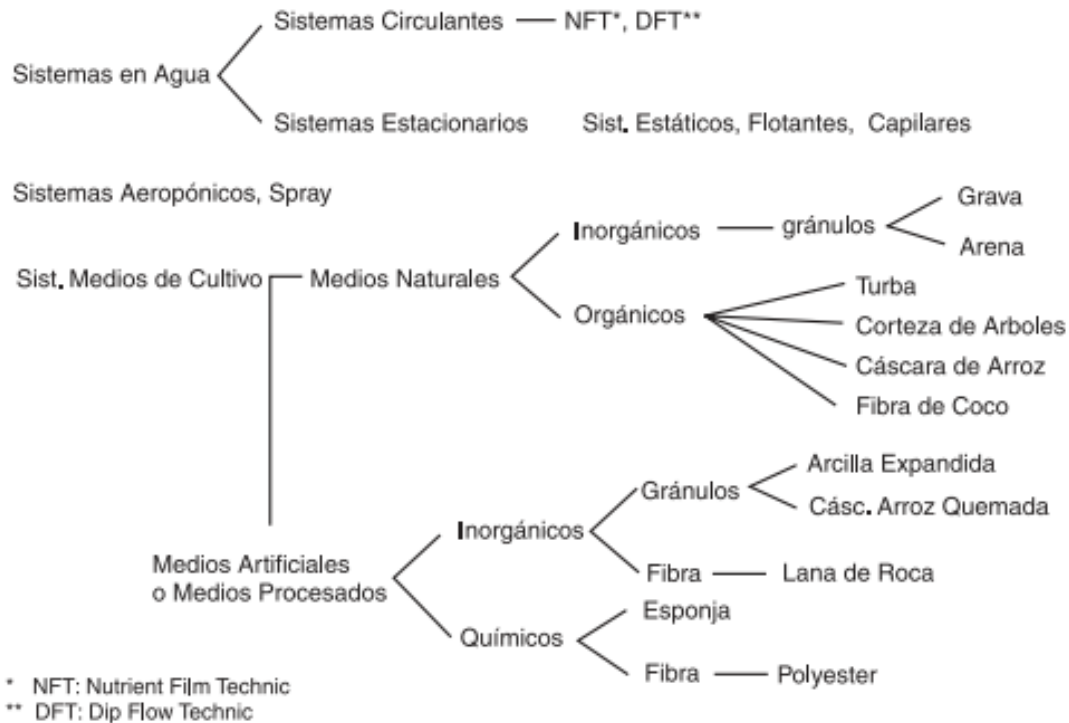


Figura 1.1 Centro Curso de Horticultura Protegida

Fuente: Universidad de OSAKA (1998)

Haciendo referencia a lo descrito anteriormente y enumerando razones concretas, los cultivos aeropónicos se consideran eficientes por las siguientes razones:

- Mayor producción debido a la optimización de espacio y comportamiento de las plantas con el sistema.
- Excelente crecimiento de las raíces por la aireación del microambiente radicular
- La optimización de recursos como el agua y los nutrientes es menor comparado incluso con sistemas hidropónicos.

En un sistema aeropónico tradicional las raíces están suspendidas en el aire dentro de un contenedor vacío y oscuro y estas son expuestas a un sistema saturado de finas gotas de una solución con altos nutrientes, los resultados de un

cultivo aeropónico dependen en gran medida del tamaño de las gotas de la sustancia nutritiva, logrado por medio de diferentes dispositivos como rociadores, pulverizadores o nebulizadores. De acuerdo con Stoner, R.J. and J.M. Clawson (1997-1998) “Una gota demasiado grande significa menos oxígeno disponible para las raíces. Una gota muy fina, tales como las generadas por el nebulizador por ultrasonido, producen un exceso de pelo radical que no permite el desarrollo de las raíces laterales, que son la base de un sistema aeropónico.” De ahí la importancia del conocimiento que se debe tener al momento de adquirir los suministros (nutrientes mayores y menores, elementos químicos para manejo del agua, así como elementos de control de plagas) para la implementación de un sistema aeropónico eficiente, La correcta determinación del uso de dichos elementos sumado a un diseño que cumpla con las características necesarias para el funcionamiento del sistema cobra importancia a la hora de definir los mismos y es por esto que se hace necesario el conocimiento previo de los mismos.

En la figura 1.6 es posible observar un sistema de producción agrícola por medio de la técnica básica de aeroponía aplicada en un cultivo de papa en el cual se observa el sistema de circulación de la solución nutritiva desde que es nebulizada a la plántula hasta que retorna al tanque en la cual se encuentra contenida.



Figura 1.2 Esquema Sistema Aeropónico

Fuente: Centro internacional de la papa CIP (2002), Métodos de producción de semilla pre básica de papa.

Cabe resaltar que aunque los cultivos aeropónicos han sido investigados por muchos años (Harwooda, 2010), la información referente al tema es escasa o limitada, por lo menos en países como Colombia en donde este método de producción agrícola para muchas personas es aún desconocido, En la actualidad unos de los principales exponentes de este tipo de cultivos es el Señor Antonio Rosas el cual viene desarrollando diversos modelos de cultivos aeropónicos desde 1964. Los avances en países desarrollados son mucho más notorios pero aún así siguen siendo de difícil acceso, lo cual no ha permitido la masificación de esta tecnología

1.1.2 GENERALIDADES DE LA AEROPONÍA

A continuación se presenta algunos términos generales de la aeroponía los cuales dan fundamentos básicos de estos tipos de sistema así como sus requerimientos de funcionamiento algunos de los cuales van a ser abordados con mayor profundidad en el desarrollo de esta investigación.

1.1.2.1 Solución Nutritiva

Es una mezcla de agua y fertilizantes que se suministra a las plantas como una fuente de alimento, en nuestro medio podemos conseguir estas soluciones a bajos precios con productores especializados, quienes proporcionan por separado, los elementos mayores y menores.

1.1.2.2 Funciones de los elementos nutritivos en las plantas

Elementos Mayores: El Nitrógeno, Fósforo y Potasio se denominan "elementos mayores" porque normalmente las plantas los necesitan en cantidades tan grandes que el suelo no puede su ministrarlos en forma completa. Se consumen en grandes cantidades.

Elementos Secundarios: Se componen de Calcio, Azufre y Magnesio, Se llaman así porque las plantas los consumen en cantidades intermedias, pero son muy importantes en la constitución de los organismos vegetales.

Elementos Menores: Se componen de Cobre, Boro, Hierro, Manganeso, Zinc, Molibdeno y Cloro. Las plantas los necesitan en cantidades muy pequeñas, pero son fundamentales para regular la asimilación de los otros elementos nutritivos.

Tienen funciones muy importantes especialmente en los sistemas enzimáticos. Si uno de los elementos menores no existiera en la solución nutritiva, las plantas podrían crecer pero no llegarían a producir cosechas o las mismas serían de mala calidad (Rosas Roa, 2012).

Es importante aclarar que aunque se hace la exposición de los elementos nutritivos que influyen en el crecimiento de la planta, esto no afecta el desarrollo planteado en la presente investigación.

1.1.3 VENTAJAS

1.1.3.1 Ventajas Ecológicas

El crecimiento aeropónico está considerado seguro y ecológico por producir cosechas de forma natural manteniendo las plantas saludables. La principal ventaja ecológica de los cultivos aeropónicos es el bajo consumo de agua y energía. Comparado con los hidropónicos, los cultivos aeropónicos ofrecen unos requerimientos de agua y energía menores por cada metro cuadrado de cultivo. Cuando se usan de forma comercial, estos usan una décima parte del agua necesaria con otros métodos de cultivo para hacer crecer la cosecha. (Rosas Roa, 2012)

1.1.3.2 Ventajas productivas

A continuación se referencian dos cuadros comparativos de agricultura tradicional versus los sistemas Aeropónicos e Hidropónicos en los cuales se hace evidente la disminución en los tiempos de cosecha bajo este tipo de sistemas (Tablas 1.1 y 1.2)

TIEMPO EN SEMANAS DE LA GERMINACIÓN DE LA PLANTA A LA COSECHA BAJO EL MODELO DE AGRICULTURA TRADICIONAL

Tabla 1.1 Tiempos de Cosecha agricultura tradicional

Especie	Distancia (cm)		Días	Semillas		Plantas	Producción	Hacer Semillero
	Surcos	Planta	Cosecha	Por Ha	Por gr.	Porm ²	kg/m ²	
Coliflor	70	50	120	280gr	250-450	8	12-15	2Sem
Lechuga	40	20	90	480-960g	600-1200	12	5-10	2 Sem
Repollo	45	23	100	1 lb	200-350	10	10-12	4 Sem
Cilantro	30	10	50	7.5kg	100-200	30	10-12	2 Sem
Acelga	40	30	70	12kg	60-80	7	15-20	2 Sem
Espinaca	20	10	80	7.5kg	100-175	50	10-12	2 Sem
Brócoli	50	40	80	lb	175-275	9	6-8	2 Sem
Zanahoria	20	10	130	4-5kg	750-1200	50	25-30	2 Sem
Remolach	30	15	120	5-7.5kg	50-60	20	18-20	2 Sem
Pimentón	50	40	130	l-3lb	150-175	8	8-10	2 Sem
Apio	50	25	55	150gr	2800-	9	30-35	2 Sem
Arveja	50	5	100	60-80kg	5-10	40	0.5-1	4 Sem
Cebolla Larga	60	40	75	2.5-5kg	225-300	9	18-20	4 Sem
Cebolla Cabezon	35	10	140	200kg	-	30	10-12	4 Sem
Perejil	30	15	95	3kg	700-1100	20	6-8	3 Sem
Ajo	15	8	140	100 kg		70	8-10	4 Sem
Tomate	80	40	90	1.5kg	250-300	7	18-20	3 Sem
Pepino	1.5	50	45	3-4kg	30-55	3	8-10	4 Sem
Berenjena	80	80	95	lb	250-300	6	10-12	4 Sem

Fuente: Universidad de Arizona, 1983. COLJAP, 1989 Tradicional: La guía de Knott's de Vegetales. Cultivadores. 1966.

RENDIMIENTO COMPARATIVO HIDROPÓNICOS VERSUS TRADICIONAL

Tabla 1.2 Tabla de rendimiento comparativo entre agricultura tradicional y cultivos Hidropónicos

Vegetal	Hidropónico			Tradicional
	Producción Cosecha T/Ha	Cosechas Año	Rendimiento Total Año T/Ha	Rendimiento Total Año T/Ha
Brócoli	32.5	3	97.5	10.5
Frijol	11.5	4	46	6.0
Repollo	57.5	3	172.5	30.0
Col China	50	4	200	-
Pepino	250.0	3	750.0	30.0
Berenjena	28.0	2	56.0	20.0
Lechuga	31.3	10	313.0	52.0
Pimentón	32	3	96.0	16.0
Tomate	185.5	2	375.0	100.0
Forraje	480			

Fuente: Universidad de Arizona, 1983. COLJAP, 1989 Tradicional: La guía de Knott's de Vegetales. Cultivadores. 1966

1.2 CARACTERIZACIÓN DEL POSIBLE PRODUCTO A CULTIVAR EN EL SISTEMA

1.2.3 LA LECHUGA

El producto que se recomienda en esta investigación para la futura implementación en el sistema aeropónico es la lechuga, esto por su fácil manipulación, por ser una hortaliza que no requiere algún cuidado especial en el cultivo y por la alta productividad que esta presenta en el sistema aeropónico respecto al cultivo tradicional. Adicionalmente porque los tiempos de cosecha de la lechuga y el clima en el cual se produce son compatibles con la ciudad de Bogotá.

1.2.3.1 Generalidades de la Lechuga

La lechuga es la hortaliza de hoja que más se consume cruda a nivel mundial. Por su naturaleza las hortalizas de hojas están expuestas a una serie de daños que se presentan principalmente durante el período de post cosecha, debido a procesos

fisiológicos, ataques microbiológicos y daños físicos, dando como resultado pérdidas elevadas que pueden alcanzar hasta el 60 % de la producción a nivel mundial.

La corta vida pos cosecha de la lechuga, está dada principalmente por la deshidratación, presentando pérdidas de turgencia y amarillamiento como consecuencia de la degradación de la clorofila. Otro factor de deterioro de esta hortaliza es el pardeamiento enzimático, el cual ocasiona un aspecto desagradable en el producto (Salveit, 2002).

1.2.3.2 Tipos de lechuga

En Colombia los principales tipos de lechuga son: Acogollada de hojas crujientes, Romana, sin acogollar de hojas verdes y moradas y acogolladas de hojas mantecosas.

Acogollada de hojas crujientes

La mayoría de los cultivares producen grandes y sólidos cogollos, que pesan entre 500 y 1000 g., con hojas exteriores intactas, más anchas que largas, de color verde oscuro, generalmente con tinte brillante. Las hojas interiores son de color blanco o amarillo cremoso. Los cogollos son sólidos, con textura crujiente y el gusto es relativamente suave (Salveit, 2002).

Romana

La lechuga romana o también denominada cos, forma cogollos largos relativamente abiertos en la parte superior. Las hojas son más largas que anchas y de forma en espátula. Poseen nervio central ancho. Su textura es basta o crujiente. Sus hojas exteriores son generalmente de color verde oscuro, mientras que las interiores son amarillentas. Los cogollos pesan alrededor de 800-1000 g. El sabor es más dulce y más fuerte que el del tipo acogollada de hojas crujientes. (Salveit, 2002).

Sin cogollo

Estas lechugas tienen gran variedad de tamaños, formas y colores. Presentan en común la formación de un ramo o roseta de hojas que pueden ser largas o anchas; redondas, espatuladas o lobuladas; de color verde oscuro o pálido y con o sin color morado-

Pueden llegar a pesar hasta 500 g, con hojas intactas. Como consecuencia a su hábito de crecimiento más abierto, presentan menos hojas descoloridas que los tipos acogolladas de hojas crujientes, lo cual le proporciona un sabor más fuerte y un contenido más alto en vitaminas y minerales. La textura varía de crujiente a suave. (Salveit, 2002).

Acogollada de hojas mantecosas

. Se caracteriza por poseer textura suave y grasosa. Forma cogollos mucho más pequeños que los de la lechuga acogollada de hojas crujientes. Su peso puede alcanzar hasta 500 g. Sus hojas son plegadas, más anchas que largas y arrugadas en el interior.

Son de color verde pálido a oscuro en las hojas exteriores y amarillo cremoso las hojas interiores. En algunos cultivares se presentan pigmentaciones moradas. El sabor varía de insípido a relativamente dulce. (Salveit, 2002).

1.3 ESTUDIO DE DISEÑOS AEROPÓNICOS EXISTENTES

Los diseños aeropónicos que actualmente se pueden encontrar son clasificables en tres grandes tipos de sistemas y sus características han variado a medida que la incursión tecnológica en sus procesos los hace más eficientes (Stoner, 1989). Hay que aclarar que los modelos identificados pueden ser horizontales o verticales, entre ellos se encuentran los siguientes:

1.3.1 UNIDADES A BAJA PRESIÓN

La principal característica de estos sistemas es que la raíz está suspendida como en todo sistema aeropónico, ya sea dentro de un sistema vertical u horizontal, pero los nutrientes o sustratos llegan a ella a través de chorros con los cuales tienen contacto directo la raíz. Por lo general estos tipos de sistemas son realizados para demostraciones de los principios de la aeroponía y su desarrollo no implica mayor inversión ya que la bomba a utilizar es una de baja presión. Cuando la hidroponía fue evolucionando y los primeros sistemas aeropónicos de raíz suspendida empezaron a desarrollarse estos sistemas fueron los pioneros.

(Zobel, Tredici & Torre, 1975) exponen en su artículo científico "*Method for growing plants Aeroponically*" (Método para el crecimiento de plantas aeropónicamente), poco tiempo después del descubrimiento de estos sistemas, de una manera sencilla y eficaz un método para el crecimiento de plantas herbáceas y algunas legumbres por el sistema aeropónico. Su sistema que es muy particular consta de una caja y un hilandero en plástico que por medio de un motor se crea la fuerza centrífuga y hace que la sustancia que está contenida en la caja llegue a las raíces de las plantas ubicadas en la tapa de la caja. (Ver Figura 1.1).

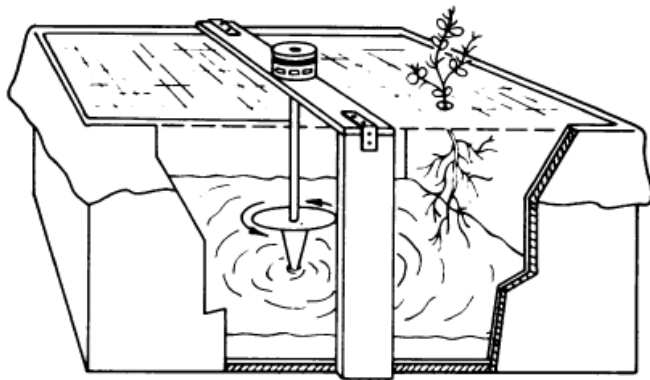


Figura 1.3 Corte de sistema aeropónico primario de crecimiento de plantas.

Fuente: Zobel, Tredici & Torrey (1975), *Method for growing plants Aeroponically*.

A pesar que las unidades de baja presión fueron evolucionando y transformándose, se plantearon nuevos y mejores sistemas la mayoría de estos de manera vertical. El científico estadounidense Ron Carroll (2002) desarrolló un sistema horizontal simple, a través del sistema NTF (Nutrient Film Technique), en el cual la raíz está suspendida sobre tubos, la presión del sistema es baja y la raíz se nutre de las sustancias por sistema de goteo. Como es posible ver la capacidad máxima de este sistema es de tan solo 28 plantas. Este modelo se encuentra patentado y se comercializa al público en general.



Figura 1.4 Modelo aeropónico de baja presión horizontal

Fuente: Carroll (2002), Astrogrow systems.

1.3.2 DISPOSITIVOS DE ALTA PRESIÓN

Estos tipos de sistemas se caracterizan principalmente porque la sustancia nutritiva llega a las raíces a través de una nube o niebla espesa por medio de nebulizadores o rociadores pulverizadores gracias a bombas de alta presión. Se utiliza en cultivos y/o cosechas a gran escala. Estos sistemas tienen incluidos en su invernadero tecnologías mucho más avanzadas con las cuales pueden controlar la acidez de las sustancias a utilizar como sustrato, realizar esterilización constante de los fluidos, purificar el agua y el aire del ambiente y en general la utilización de materiales que beneficien los tiempos y procesos de producción de los alimentos.

Los científicos de la NASA Stoner & Clawson (1997-1998) en su ensayo titulado “*A High Performance, Gravity Insensitive, Enclosed Aeroponic System for Food Production in Space*” (Alto rendimiento, gravedad insensible, de un sistema cerrado para la producción de comida en el espacio), describen de manera científica la importancia del tamaño de la gota para el desarrollo óptimo de las plantas, según el estudio una gota grande aporta menos oxígeno a las raíces, las gotas demasiado finas produce en la raíz el crecimiento de una pelusa que no permite el total desarrollo de las raíces. Su tamaño debe estar de entre 5-50 micras. De ahí la importancia y el desarrollo que ha tenido esta clase de sistemas en la producción a gran escala de alimentos.

Los dispositivos modernos de alta presión como el de Harwood (2009) poseen todos los elementos necesarios para asegurar los tiempos más cortos de producción en donde la combinación de factores como la luz LED, la perfecta mezcla y suministro de nutrientes en las raíces, el oxígeno, telas para evitar la contaminación de plagas y otros beneficios hacen de este sistema uno muy eficiente pero a la vez costoso por sus especificaciones. Este tipo de sistema fácil de instalar por la composición de módulos y, se comercializa a través de la firma estadounidense Aerofarms



Figura 1.5 Diseño aeropónico de alta presión propuesto por Harwood (2009)

Fuente: Harwood (2009), Aerofarms.

1.3.3 SISTEMAS COMERCIALES

Los sistemas comerciales aeropónicos como su nombre lo indica son estructuras funcionales que se venden al público en general, en su gran mayoría son sistemas de diseño y decoración que presentan además características de dispositivos de alta y baja presión, dependiendo de los requerimientos y necesidades de consumo. La principal característica de estos sistemas es que no poseen una alta capacidad de producción a pesar que algunos incluyen sistemas de control de fluidos, cronometraje de precisión, sensores de calefacción entre otras características como el modelo diseñado por el Sr. Paul Thomas (2009).



Figura 1.6 Modelo aeropónico comercial desarrollado por Thomas (2009)
Fuente: Thomas (2009), Web Yanco Desing.

1.4 DISEÑO

El uso de diferentes herramientas ofimáticas hace posible la visualización con mayor claridad de los puntos a favor y las oportunidades de mejora de cualquier proyecto. Es por esto que el proceso de diseño es una parte vital dentro de cualquier proyecto, ya que es en este que gran parte del éxito o fracaso de un proyecto se define. Debido a esto se hace recomendable seguir algún tipo de metodología la cual puede servir como guía para su correcta ejecución.

1.4.1 DEFINICIÓN

El proceso de diseño enmarcado como un proceso de ingeniería no es más que la realización de un proyecto que cumpla con unos parámetros establecidos y/o definidos por un cliente, satisfaciendo de esta manera alguna necesidad.

La definición formal para el diseño en la ingeniería es:

Diseño en ingeniería es la generación y evaluación sistemática e inteligente de especificaciones para artefactos cuya forma y función alcanzan los objetos establecidos y satisfacen las restricciones especificadas. (Clive L., & Patrick Little 2002).

1.4.2 PROCESO DE DISEÑO

El proceso de diseño se define como los pasos a seguir para lograr el desarrollo de diseño desde el planteamiento de una necesidad hasta la publicación y documentación del diseño final. Siguiendo la metodología de Clive y Patrick (Clive L., & Patrick Little 2002) expuesta en su libro *El proceso de diseño en ingeniería* se describen brevemente a continuación dichos pasos.

Definición del problema

Esta fase está dedicada a aclarar los objetivos establecidos por el cliente y a reunir la información para poder desarrollarlos.

- Aclarar objetivos
- Establecer requerimientos del usuario
- Identificar restricciones
- Establecer funciones

Diseño Conceptual

En este se debe generar conceptos o esquemas de diseños alternativos

- Establecer especificaciones del diseño
- Generar alternativas

Diseño Preliminar

La meta principal de esa fase es la identificación de los atributos principales o esquemas de diseño.

- Modelar o analizar el diseño
- Probar y evaluar el diseño

Diseño Detallado

En esta fase se define y se afina en forma detallada el modelo final.

Comunicación del Diseño

Esta fase está dedicada a documentar las especificaciones de fabricación y su justificación.

1.5 SIMULACIÓN

La simulación como herramienta para la evaluación de los diseños propuestos, es una herramienta muy útil a la hora de tomar la mejor decisión siguiendo determinados parámetros de desempeño, y más aun con el ahorro de tiempo y recursos a la hora de elaborar un prototipo que en muchos casos no será el definitivo y el cual solo generará sobre costos al proyecto.

1.5.1 DEFINICIÓN

La simulación según el campo en el cual se esté estudiando tiene un sinnúmero de definiciones, para el tema de esta investigación en particular se presentan a continuación las definiciones más aceptadas en el campo de la ingeniería:

“Simulación es una técnica numérica para conducir experimentos en una computadora digital. Estos experimentos comprenden ciertos tipos de relaciones matemáticas y lógicas, las cuales son necesarias para describir el comportamiento y la estructura de sistemas complejos del mundo real a través de largos periodos de tiempo.” **Thomas H. Naylor**(Naylor, 1996)

“Simulación es el desarrollo de un modelo lógico matemático de un sistema, de tal forma que se tiene una imitación de la operación de un proceso de la vida real o de un sistema a través del tiempo. La simulación involucra la generación de una historia artificial de un sistema, la observación de esta historia mediante la manipulación experimental, nos ayuda a inferir las características operacionales de tal sistema.” **Jerry Banks** (Banks, 1998)

Simulación es una técnica numérica para realizar experimentos en una computadora digital. Estos experimentos involucran ciertos tipos de modelos matemáticos y lógicos que describen el comportamiento de sistemas de negocios, económicos, sociales, biológicos, físicos o químicos a través de largos periodos de tiempo. H. Maisel & G. Gnugnoli. (Bu, 2003)

En este sentido la simulación realizada corresponde a la simulación del comportamiento de los materiales utilizados en el desarrollo del diseño propuesto, evaluando en este el comportamiento de los mismos, realizando análisis específicos de Tensión, Pandeo, Frecuencia y Estática, los cuales van a permitir seleccionar los materiales con mejores características para dicho diseño.

1.5.2 TIPOS DE SIMULACIÓN

- **Simulación Discreta:** En este tipo de simulaciones el estado del sistema cambia sólo en momentos específicos del tiempo, cuando ocurre un evento un ejemplo claro de esto son las colas.

En este tipo de sistema tenemos dos tipos de eventos, llegadas y salidas. Cuando un cliente arriba, la longitud de cola se incrementa (cambia el estado del sistema), y cuando un cliente termina de ser atendido este abandona el sistema y la longitud de cola decrece (vuelve a cambia el estado del sistema). Es claro que el estado del sistema no cambia constantemente y sólo lo hace al ocurrir un evento: una llegada o una salida.

- **Simulación Continua:** Los modelos de simulación continua, donde las variables de estado son continuas, usualmente son descritos mediante ecuaciones diferenciales y algebraicas. Estas variables de estado por lo general cambian en forma continua a medida que la simulación avanza, por ejemplo, el contenido de agua en un embalse cambia continuamente con la afluencia y salida de agua del mismo y no sólo en instantes específicos del tiempo como si estuviéramos agregando o sacando baldados de agua.

Muchas simulaciones por eventos discretos incluyen subsistemas continuos y viceversa. (Hoeger, 2013)

1.5.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE USAR LA SIMULACIÓN

Al utilizar las herramientas de simulación en un software CAD (Diseño Asistido por Computadora según sus siglas en inglés) se encuentran diferentes ventajas y desventajas las cuales pueden contribuir a que el proyecto sea exitoso, a continuación se mencionan algunas presentadas por Guillermo Jiménez en su publicación Investigación Operativa II (Jiménez, 2002):

- Realizar pruebas a modelos tridimensionales definiendo así las dimensiones del mismo que cumplan de la mejor manera los parámetros propuestos.
- Validar el diseño sin la necesidad de realizar prototipos físicos.
- Conocer de manera previa el modelo antes de realizar un prototipo.
- Evitar sobrecostos en la realización del proyecto
- Acortar los tiempos de elaboración de un nuevo producto en unas condiciones determinadas al poder realizar diferentes pruebas de diseño en el software.
- Mejorar la durabilidad y factibilidad de fabricación.
- Es un proceso relativamente eficiente y flexible.
- Los modelos de simulación se estructuran y nos resuelve en general problemas trascendentes.
- La simulación no interfiere en sistemas del mundo real.
- La simulación permite estudiar los efectos interactivos de los componentes individuales o variables para determinar las más importantes.
- La simulación permite la inclusión en complicaciones del mundo real.
- De igual manera al realizar estudios de simulación en CAD se debe tener un conocimiento previo del diseño a realizar, esto con el fin de poder prever comportamientos en los materiales o en el diseño que el software no contemple, de lo contrario se corre el riesgo que el comportamiento de la simulación no esté acorde al comportamiento real a la hora de realizar el prototipo. Generando así retrasos y sobrecostos en el proyecto.

A continuación se presentan algunas desventajas:

- Un buen modelo de simulación puede resultar bastante costoso; a menudo el proceso es largo y complicado para desarrollar un modelo.
- Al generar todas las condiciones y restricciones para analizar las soluciones. El modelo de simulación no produce respuestas por sí mismo.
- Cada modelo de simulación es único. Las soluciones e inferencias no son usualmente transferibles a otros problemas.

2. CAPITULO 2. DISEÑO DE LOS MÓDULOS DE PRODUCCIÓN

2.1 DEFINICIÓN MODELO BASE

Constantemente la industria en Colombia debe transformarse y dar a luz nuevos y mejores sistemas que aseguren la eficiencia de la producción y la demanda constante de los productos a fabricar debido al crecimiento poblacional; para este caso en particular el sector de la agricultura como ya se ha visto, tiene múltiples falencias en este país, el desarrollo ha sido muy lento y aun en cultivos tradicionales es posible observar cultivos cosechados 100% a mano, es por eso que la agricultura por medio de la aeroponía también tiene que transformarse y conocer nuevos y mejores modelos con mayor capacidad de producción de alimentos, siendo estos más eficientes.

El modelo identificado sobre el cual se basó este trabajo para el desarrollo de los modelos propios y que a su vez se evaluó para determinar las dimensiones y los materiales que mejor se adaptan al peso de las lechugas y que mejoran el proceso productivo y su capacidad, es un sistema aeropónico vertical rotacional desarrollado en Colombia por el Administrador de Empresas Antonio Rosas y su colega, el Médico Bioenergético Ezequiel Huertas, expuesto en su libro Agricultura Limpia (Rosas, 2012).

Este modelo está basado en el diseño italiano denominado cultivos en columnas los cuales eran simplemente tubos colgados verticalmente en los cuales se ubicaban las plantas y las raíces de estas eran nutridas por goteo. Estas columnas no tenían ningún tipo de interacción ni rotación como el modelo desarrollado actualmente. Las principales características del modelo de los señores Rosas y Huertas son las siguientes:

Tabla 2.1 Generalidades modelo Rosas y Huertas (2012)

GENERALIDADES MODELO Rosas y Huertas	
PARTE	CARACTERÍSTICAS
SISTEMA	<ul style="list-style-type: none"> * Cada columna posee rotación sobre su propio eje y el sistema integrado de las 8 columnas posee el mismo sistema. * El sistema cuenta con retroalimentación de sustrato por lo que este viaja a través de los tubos es expulsado por la nebulización y recolectado de nuevo. * El área utilizada por estrella de producción es de 2,5m²
COLUMNA	<ul style="list-style-type: none"> * La columna de este modelo está diseñada de forma hexagonal, de modo que hay solo 6 caras en las que se pueden ubicar plántulas. * La altura promedio de la columna es de 1.8 metros.
MATERIALES	<ul style="list-style-type: none"> * Las columnas están elaboradas en poliestileno. * La tubería está en PVC.
LUCES LED	No tiene
CAPACIDAD TOTAL PLANTAS	COLUMNA: 63 Plantas ESTRELLA: 504 Plantas

Fuente: Elaboración propia



Figura 2.1 Modelo Rotacional Vertical Rosas y Huertas (2012)

Fuente: Rosas y Huertas (2012), Agricultura Limpia.

2.2 DESARROLLO DEL MODELO PROPIO

Basados en la investigación que se desarrolló identificando diferentes diseños aeropónicos existentes, evaluando sus ventajas y desventajas respecto a los otros, tomando como referencia su capacidad, los materiales de lo que están elaborados y la viabilidad en la aplicación futura de un modelo en Colombia, se identificó que el modelo de Rosas y Huertas es un sistema altamente eficiente, económico al implementarlo, con un número muy alto de plantas a producir por metro cuadrado, pero con falencias que se pueden mejorar. Es por eso que se establecieron unos parámetros para el desarrollo del modelo propio que se mostrará a continuación.

2.2.1 CLASIFICACIÓN DE PARTES Y SUBPARTES QUE COMPONEN LOS MÓDULOS DE PRODUCCIÓN

Los modelos propios a desarrollar basados en las partes del sistema de rotación vertical poseen los siguientes componentes:

- **COLUMNA:** Las columnas son la parte más importante del sistema ya que es donde se van a alojar y desarrollar las plántulas. Esta parte del sistema está compuesto por diferentes caras, en el caso del sistema base o modelo la columna es un hexágono y la altura de este es de aproximadamente 2.5 m. La parte superior de la columna contiene una base giratoria que es la que permite que esta se fije en la estrella de producción.
- **ESTRELLA:** La estrella es la estructura superior que soporta las columnas, esta pieza juega un papel importante dentro de la estructura ya que primero determina las distancias a las que las columnas van a estar ubicadas y segundo su estructura sirve de apoyo a los nebulizadores los cuales van a estar ubicados en el extremo superior de la columna.
- **SISTEMA DE CIRCULACIÓN DE FLUIDOS:** Está compuesto por tubos en PVC y mangueras de alta presión de ½". El objetivo principal del conjunto de partes es la de permitir la adecuada circulación del sustrato, para posteriormente inyectarlo en las columnas y el sustrato sobrante sería recolectado por un sistema de tubos que lo depositarían de nuevo en el tanque.

- **ESTRUCTURA SOPORTE:** Todo el conjunto de columnas y estrella tendrían que ir sujetos sobre una estructura metálica que soporte el peso del mismo, es por eso que se hace necesaria el uso de esta parte dentro del módulo de producción.
- **SISTEMA DE ASPERSIÓN DEL SUSTRATO:** Para que el sustrato llegue a la raíz de las plantas de forma particulada se hace necesario el uso de nebulizadores industriales que disipen el líquido en micro partículas (no todos los sistemas). El tamaño de la gota, aunque no hace parte del desarrollo de este estudio, depende del tipo de nebulizador que se utilice y la presión a la que suba el líquido, variable que la determina la bomba.
- **SISTEMA DE BOMBEO:** El sistema de bombeo como su nombre lo indica está ligado a la caracterización de la bomba a utilizar. Como se nombró anteriormente en la sección 1.2 Estudio de diseños aeropónicos, hay unidades o sistemas de baja y alta presión. La clasificación de la bomba depende de varios factores entre los que se encuentran, el número de plantas a regar o la capacidad del sistema, la altura a la que debe llegar el líquido y la caracterización del nebulizador ya que algunos requieren una mayor presión para trabajar. Estas características del sistema determinan el caudal que puede estar dado en libras por pulgada (psi), litros por minuto (l/mn), galones por minuto (gpm) o metros cúbicos por minuto (m³/min), y la potencia de la bomba.
- **TANQUE:** El tanque es el depósito en donde va a ir contenida la sustancia, la caracterización de este depende de la capacidad de plantas a producir.

Las partes y elementos anteriores hacen parte del sistema base de Rosas y Huertas (2012). A continuación se van a relacionar los elementos adicionales que mejorarían las características físicas de las plantas, capacidad, al igual que los tiempos de producción y la autonomía del cultivo. Aunque no se van a demostrar en el sistema o prototipo final propuesto, las mejoras presentadas a continuación, son un factor diferenciador del modelo base y suponen mejoría y optimización del modelo y proceso por las siguientes consideraciones:

- **SISTEMA DE LUCES LED:** De acuerdo al estudio de Massa, Kim, Wheeler, & Cary Mitchell (2008) titulado "*Plant productivity in Response to LED Lighting*" la emisión de luces LED sobre plantas que están en crecimiento brinda un alto potencial de energía que se transforma en un crecimiento más acelerado de las plantas hasta en 5% comparado con fuentes

tradicionales de energía usadas también para el crecimiento de las mismas. En el estudio mencionan la importancia de que las plantas estén expuestas a este tipo de luces y la influencia del color en cada etapa de crecimiento.

- **SISTEMA DE ROTACIÓN AUTOMÁTICA VERTICAL:** Una de las principales deficiencias que se encontró en el diseño base fue la carencia de automatización del sistema por lo que manualmente se hace necesaria la rotación de los módulos, es por eso que en el desarrollo del presente proyecto encontramos que con un mecanismo simple se puede hacer girar automáticamente cada una de las columnas de la araña de producción. Aprovechando al máximo la absorción de luz de todas las caras de la columna, mejorando la calidad y tiempo de desarrollo de las plantas.
- **REDUCCIÓN DEL DIÁMETRO EN LA PARTE INFERIOR DE LA COLUMNA:** Uno de los posibles problemas que se encontró al observar el modelo base o guía, fue que la columna tiene el mismo diámetro tanto en la parte superior como en la inferior, la nebulización del sistema actúa en la parte superior de la columna con lo cual las plantas superiores aprovechan más la absorción de nutrientes, y las inferiores se ven restringidas a las gotas que caen de estas. Teniendo en cuenta la longitud de la columna se hace necesario reducir mínimamente parte del diámetro de la misma para el aprovechamiento de los nutrientes en todas las plantas del sistema.

2.2.2 IDENTIFICACIÓN DE MATERIALES

De las partes y sub partes mencionadas en la sección 2.2.1 nos vamos a enfocar en tres partes relevantes del sistema aeropónico, puesto que la determinación del material en esas partes es fundamental para establecer la durabilidad y funcionalidad del prototipo propuesto. De esas partes se van a identificar dos o tres opciones de materiales y se evaluarán sus características mecánicas, sometidas a los esfuerzos de tensión propios del sistema, dados por el peso propio de la parte y la columna al 100% de su capacidad con todas las lechugas, de esta manera se va a elegir el material que mejor se adapte a las condiciones del sistema conjunto. Una de las partes a evaluar es la **columna** de producción, sobre las cuales van a ir soportadas todas las plantas, esta columna se encuentra sujeta en la parte superior a la **base giratoria**, que es el segundo elemento. La columna y base estarían soportadas en la **estrella** del sistema, que es la tercera parte más importante y que integran el modulo completo de producción. Si se

realiza una evaluación de los elementos restantes, estos se pueden conseguir comercialmente, empresas especializadas se dedican a su manufactura en serie y aunque son esenciales para el funcionamiento del sistema completo, sus características principales no interfieren en el estudio de simulación que vamos a realizar, esos elementos son la bomba, tanque y el sistema de bombeo.

2.2.2.1 COLUMNA DE PRODUCCIÓN

La columna es el sistema vertebral del conjunto de producción, ya que sobre su superficie y horizontalmente van a ir ubicadas las plantas e interiormente suspendidas sus raíces. El material que se debe establecer para la manufactura de la columna, debe ser uno liviano, resistente a la corrosión de sustancias químicas, buena relación de resistencia al peso, baja conductividad eléctrica y térmica, económica, adaptable al proceso de manufactura seleccionado para la fabricación del mismo, amigable con el medio ambiente y que brinde el confort a las plantas.

Por las descripciones anteriores y de acuerdo a los modelos estudiados, todas las columnas están hechas de plásticos, nuestra columna de producción no será la excepción. La identificación y clasificación de tres tipos de polímeros óptimos para su posterior validación va a estar dada por la conceptualización de estos materiales, que se presenta a continuación.

2.2.2.1.1 POLÍMEROS

Los polímeros son macromoléculas de origen orgánico, formadas por la repetición de monómeros por enlaces de átomos de carbono. En su libro Fundamentos de Manufactura Moderna, Groover (1997) clasifica a los polímeros en plásticos (Termoestables y Termoplásticos) y hules (Elastómeros). La American Society for Testing Materials (ASTM, 1961) define como plástico cualquier material compuesto formado por moléculas que contiene como elemento esencial una sustancia orgánica de gran peso molecular, siendo sólida en su estado final y ha tenido alguna etapa de manufactura.

La familia de los polímeros a su vez también se puede clasificar de acuerdo al Ingeniero Callister (1996) según su respuesta mecánica frente a temperaturas elevadas:

- **Elastómeros (E):** De acuerdo a López Carrasquero (2004) los elastómeros son una clasificación de los polímeros sintéticos que poseen propiedades de elasticidad, flexibilidad y alta elongación, propiedad que caracteriza al caucho y que se emplea para fabricar gomas naturales, poliuretanos (para fabricar lycras), polibutadieno (neumáticos), Neopreno (aislante de cables, trajes de buceo) y silicona entre otros.
- **Termoestables o termofijos (TS):** De acuerdo con Callister (1996), los materiales termoestables se endurecen al calentarse y no se ablandan al continuar calentando y la estructura altamente reticulada o unida mediante enlaces químicos es la responsable directa de que sean más duros, resistentes pero frágiles que los termoplásticos y tienen mejor estabilidad dimensional. Uno de los aspectos negativos de los materiales termoestables es la capacidad casi nula que tienen al reciclarse. Una vez en su proceso de transformación se ha pasado al punto de cristalización el material deja de fluir y no puede ser moldeado o procesado de nuevo. Es posible encontrar aplicaciones en entornos de mucho calor pues no se ablandan ni se carbonizan a ciertas temperaturas. Algunos plásticos termoestables son las Resinas Fenólicas (Barnices, materiales aislantes, bolas de billar), Resinas Epóxicas (Pinturas, recubrimientos, enchufes y adhesivos), Resinas poliéster (Cascos, barcos de vela, sillas, ventiladores) entre otros.
- **Termoplásticos (TP):** Son materiales sólidos a temperatura ambiente, mas sin embargo cuando son sometidos a altas temperaturas se convierten en líquidos viscosos. Pueden ajustarse repetidamente a ciclos de calentamiento y enfriamiento sin que significativamente se degraden. Esta característica en partículas permite conformarlos fácil y económicamente en productos útiles. El motivo de dicho comportamiento según el químico Mikell P. Groover (1997) es que los polímeros termoplásticos poseen macromoléculas lineales (Ramificadas) que no se encadenan transversalmente cuando se calientan.

Al tener un conocimiento más claro respecto a los plásticos y hules derivados de los polímeros y sabiendo también que uno de los parámetros para identificar el material apropiado para las columnas de producción es que sean amigables con el medio ambiente se tiene la certeza que en la familia de los Termoplásticos, por su gran propiedad de ser reprocesados, están los materiales que se establecerán

para la simulación de los mismos y que determinaran el más apropiado. En la siguiente tabla se evidencia la caracterización de los termoplásticos:

Tabla 2.2 Caracterización de materiales termoplásticos

CARACTERIZACIÓN MATERIALES TERMOPLÁSTICOS								
NOMBRE	SÍMBOLO	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES APLICACIONES	MODULO ELASTICIDAD		RESISTENCIA A LA TENSIÓN		ELONGACIÓN	PRINCIPALES APLICACIONES
			Lb/pulg ²	Mpa	Lb/pulg ²	Mpa		
Polietileno - Tereftalato	PET	Una de las películas plásticas más blandas, excelente resistencia a la fatiga, a la torsión a la humedad a los ácidos, a los aceites y disolventes.	325.000	2.300	8.000	55	200%	Botellas para bebidas, envases muy transparentes y delgados, recipientes de medicinas, agroquímicos etc.
Polietileno de alta densidad	PE-HD	Con mejores propiedades mecánicas que el PE-BD, ya que posee mayor densidad. Presenta fácil procesamiento y buena resistencia al impacto y la abrasión. No resiste fuertes agentes oxidantes como el ácido nítrico o ácido sulfúrico.	100.000	700	4.000	30	20% a 100%	Envases para detergentes, aceites, automotor, pinturas. Tuberías para gas, telefonía, agua potable, minerías, láminas de drenaje y uso sanitario.
Cloruro de Polivinilo	PVC	Materiales para aplicaciones generales y económicas,	400.000	2.800	6.000	40	2%	Recubrimientos de suelos, tuberías, recubrimientos aislantes de hilos

		ordinariamente rígidos pero con plastificantes se vuelven flexibles, a menudo copolimerizado, susceptible a la distorsión térmica.						eléctricos, mangas de riego, discos fotográficos.
Polietileno de Baja densidad	LDPE	Químicamente resistentes y eléctricamente aislantes, blandos y bajo coeficiente de fricción, baja resistencia mecánica y poca resistencia a degradación ambiental.	20.000	150	2.000	15	100% a 500%	Películas flexibles como bolsas para pan, juguetes, vasos, carcasas de pilas, laminado para embalaje.
Polipropileno	PP	Resistencia a la distorsión térmica, excelentes propiedades eléctricas y resistencia a la fatiga, químicamente inerte, relativamente barato, poca resistencia a la radiación ultravioleta.	200.000	1.400	5.000	35	10% a 500% dependiendo de los aditivos	Botellas esterilizables, laminas para embalajes, televisores, maletas.
Poliestireno	PS	Es un plástico muy versátil que puede ser rígido o formado. Es duro claro y quebradizo. Hay dos versiones, el espumado o expansible y el de cristal.	450.000	3.200	7.000	50	1%	Protección en empaquetamientos, contenedores, tapas. Vasos rígidos, contenedores de comidas rápidas.
Acilonitrilo-Butadieno-estireno	ABS	Gran resistencia y tenacidad, resistente a la distorsión térmica,	300.000	2.100	7.000	50	10 a 30%	Recubrimiento de interiores, cortacésped y equipo de

		buenas propiedades eléctricas. Inflamable y soluble en disolventes orgánicos.						jardinería, juguetes y dispositivos de seguridad en carretera.
Policarbonato	PC	Dimensionalmente estables, baja absorción del agua, transparencia, gran resistencia al impacto y ductilidad, extraordinaria resistencia química.	350.000	2.500	9.500	65	110%	Cascos de seguridad, lentes, globos para alumbrado, bases para películas fotográficas.

Fuente: Adaptado de William D. Callister, Introducción a la ciencia e ingeniería de materiales (1996), Editorial Reverte

De las propiedades mecánicas de los polímeros nombradas anteriormente estas tres son fundamentales para la identificación del material a utilizar en la columna de producción para su respectiva simulación, estas propiedades son y determinan las siguientes características:

- **Módulo de elasticidad:** Es una propiedad de tracción. Los módulos de elasticidad representan el grado de rigidez de un material y es el resultado de dividir su esfuerzo unitario entre su deformación unitaria correspondiente.
- **Resistencia a la tensión:** Capacidad de un material para resistir fuerzas que tratan de separarlo o estirarlo.
- **Porcentaje de Elongación:** Determina la capacidad que tiene un material para deformarse antes de llegar al punto de ruptura del mismo

A continuación se muestra una gráfica relacionando los polímeros con su módulo de elasticidad y resistencia a la tensión, estas propiedades van ligadas a la durabilidad y resistencia de dichos materiales:

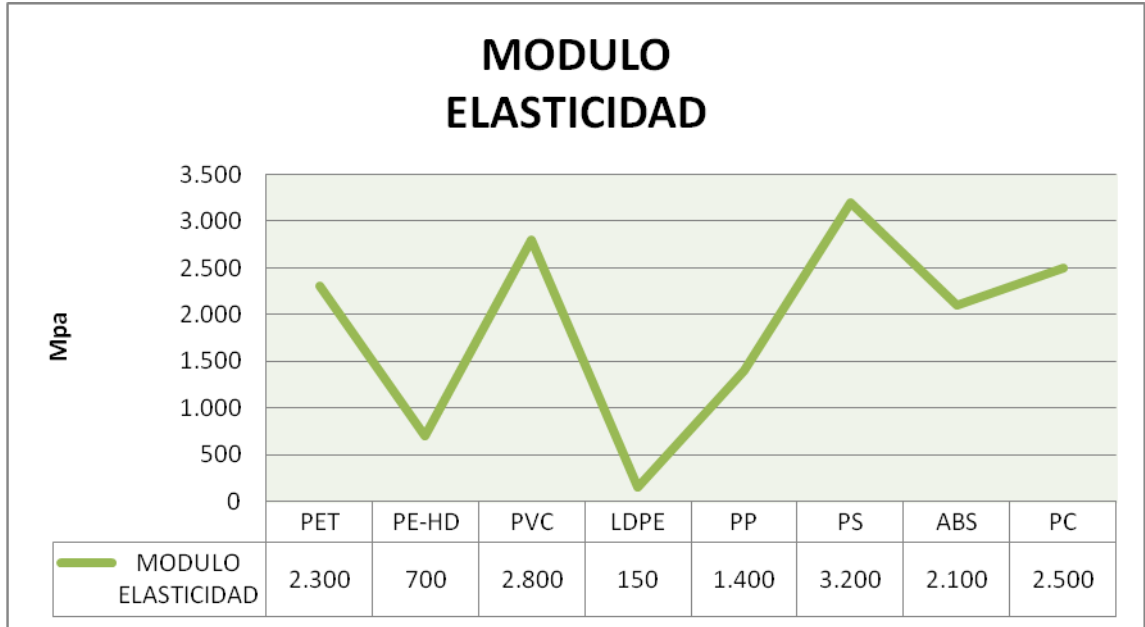


Figura 2.2 Modulo de elasticidad polímeros termoplásticos

Fuente: Elaboración Propia

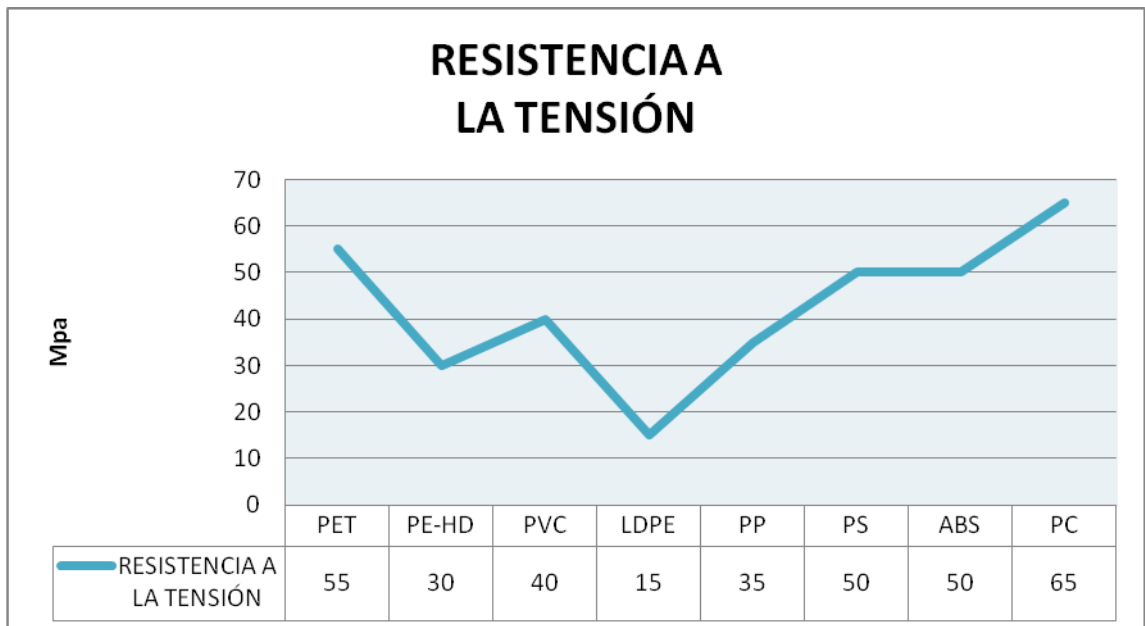


Figura 2.3 Resistencia a la tensión polímeros termoplásticos

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a las tablas y graficas de la caracterización mecánica de los polímeros termoplásticos (William D. Callister 1996), los primeros cinco polímeros que tienen el mayor módulo de elasticidad y resistencia a la tensión están listados a continuación en orden descendente:

Tabla 2.3 Termoplásticos con mejores propiedades mecánicas

MODULO DE ELASTICIDAD	RESISTENCIA A LA TENCIÓN
Poliestileno (PS)	Policarbonato (PC)
Cloruro de Polivinilo (PVC)	Polietileno-Tereftalato (PET)
Policarbonato (PC)	Poliestileno (PS)
Polietileno-Tereftalato (PET)	Acrlonitrilo-Butadieno-estireno (ABS)
Acrlonitrilo-Butadieno-estireno (ABS)	Cloruro de Polivinilo (PVC)

Fuente: Elaboración propia

Como es claro observar aunque no tienen el mismo orden los cinco polímeros termoplásticos con características mecánicas más altas, estos son los mismos. Más sin embargo los siguientes polímeros tienen características negativas que afectarían el proceso y que los eliminan de su elección:

El Cloruro de Polivinilo más conocido como PVC es uno de los plásticos más contaminantes, los científicos Belliveau y Lester (2004) en su informe para el Centro de Salud, Medio Ambiente y Justicia, y el Centro de Estrategias para la salud Medio Ambiental de Estados Unidos (CHEJ) y (EHSC) por sus siglas en ingles respectivamente, mencionan en su artículo “*PVC Bad news Come in: The poisson plastic, Health Hazards and the looming waste crisis*” en español “PVC Malas noticias se avecinan: El plástico venenoso, peligros a la salud y la crisis de residuos se avecina” , y como su nombre lo indica, los peligros de este tipo de polímero son múltiples. El primero de ellos es la incidencia de cáncer en trabajadores expuestos a los químicos de su fabricación ya que el PVC está compuesto de aditivos de plomo, cadmio y compuestos orgánicos de estaño, el segundo es la dificultad de reciclaje de los mismos ya que su fabricación son usados diferentes aditivos que impiden su rehúso (se calcula que en Estados Unidos sólo se recicla el 3% de este material). El tercero es la contaminación que generan sus residuos y la importancia que se debe tener en el manejo de estos, ya que no se pueden quemar pues genera altos volúmenes de Dioxinas y ácido clorhídrico y otros elementos tóxicos en el aire.

Por otra parte el Policarbonato tiene excelentes propiedades mecánicas por lo que permite su utilización en innumerables aplicaciones. Posee una alta resistencia al impacto y alta capacidad de soportar altas temperaturas, mas sin embargo hay dos características de este material que impiden la utilización para la fabricación de las columnas de producción, el primero es que una sus propiedades físicas es la transparencia y en los sistemas aeropónicos la raíz debe mantenerse en un ambiente oscuro para su óptimo desarrollo y el otro inconveniente de este material es el alto costo, siendo uno de los más caros de los termoplásticos estudiados.

Teniendo en cuenta los fundamentos anteriores los tres polímeros termoplásticos seleccionados para la simulación de comportamiento de los mismos son los siguientes:

- Poliestileno (PS)
- Polietileno-Tereftalato (PET)
- Acrilonitrilo-Butadieno-estireno (ABS)

2.3.2.2 BASE GIRATORIA

La base giratoria es la estructura que soporta el peso de la columna de producción. El material que se requiere para su elaboración debe ser uno con muy altas propiedades mecánicas de resistencia a la tensión y con un alto módulo de elasticidad, además por la forma de la base, el material debe ser moldeable pero a la vez resistente. Dentro de la clasificación de materiales uno que cumple con las características requeridas son los metales. A continuación se ampliarán las características de este tipo de material para elegir el que más se acomode a los requerimientos del sistema de producción.

2.2.2.2.1 Metales

Dentro de la clasificación de los materiales metálicos, es posible encontrar dos grandes familias y son:

- Metales Ferrosos o Férricos: Son aquellos que contienen como elemento base el hierro y entre ellos están los hierros fundidos, el acero al carbono, el acero de aleación y el acero inoxidable.

- Metales no Ferrosos o no Férricos: Son aquellos materiales que no contienen hierro como uno de sus componentes. Entre ellos están el aluminio, cobre, latón, bronce, zinc, magnesio, titanio, estaño, níquel y plomo. La clasificación de estos dentro de la industria está dada por su densidad, estos pueden ser pesados, ligeros y ultraligeros.

Los materiales no ferrosos tienen altas propiedades mecánicas y físicas como la resistencia a la corrosión, la elevada conductividad térmica y eléctrica, la baja densidad, su fácil fabricación, aunque en general son de mucho más alto costo que los metales ferrosos por la baja concentración de estos en minas y la relación de utilización respecto a los metales ferrosos que representa aproximadamente el consumo del 80% de todos los metales, Kalpakjian & Schmid (2002). En la siguiente tabla es posible saber la relación de costo por volumen unitario para metales y plásticos con relación al costo del acero al carbono:

Tabla 2.4 Relación costo por volumen unitario con relación al costo acero al carbono

MATERIAL	RELACIÓN
Oro	60.000
Plata	600
Aleaciones de Molibdeno	200 - 250
Níquel	35
Aleaciones de Titanio	20 - 40
Aleaciones de Cobre	5.0 - 6.0
Aleaciones de Zinc	1.5 - 3.5
Aceros Inoxidables	2.0 - 9.0
Aleaciones de Magnesio	2.0 - 4.0
Aleaciones de Aluminio	2.0 - 3.0
Aceros de Alta resistencia, Aleación baja	1.4
Hierro fundido gris	1.2
Acero al carbono	1
Nylon, acetales y hule al silicio	1 - 1.2
Otros plásticos y elastómeros	0.2 - 1

Nota: Los costos varían de manera significativa con la cantidad de compra, la oferta y la demanda, el tamaño y la forma y por diversidad de factores

Fuente: Kalpakjian & Schmid (2002), Manufactura, Ingeniería y Tecnología, Prentice hall.

Por estas razones fundamentales sobre los cuales el desarrollo de un prototipo como el que se va a plantear debe ser económico en su fabricación se descartó la utilización de metales no ferrosos o no férricos, se tuvo en cuenta las altas propiedades mecánicas de estos pero se puede sustituir por un metal más económico y con propiedades similares. De esta manera se realizó una conceptualización más amplia, que se desarrollará a continuación, acerca de los materiales ferrosos y sus características:

Como se explicó anteriormente los metales ferrosos o férricos están clasificados en Hierros fundidos, Aceros al carbono y de aleación, y Acero Inoxidable. De acuerdo a la tabla 2.4 el acero inoxidable tiene una relación de costo respecto al acero al carbón de 1:9 lo que hace costoso la manufactura de la base giratoria en este material, al igual que el hierro fundido con relación 1:2 en el costo y con dificultades en su proceso de elaboración. Por tal motivo dentro de la familia de los aceros al carbono va a estar los dos metales que se seleccionaran para su simulación y comportamiento en el sistema aeropónico.

Los aceros al carbono son clasificables de acuerdo a la proporción (por peso) del contenido de carbono Kalpakjian & Schmid (2002), entre ellos están:

- Acero al bajo Carbono (Desde SAE 1005 a 1030): Este grupo tiene mayor resistencia y dureza, disminuyendo su deformabilidad. Son muy aptos para soldadura. Es también conocido como acero suave o dulce. Tiene menos de 0.3% de carbono en sus componentes.
- Acero de medio Carbono (Desde SAE 1035 a 1053): Estos aceros son seleccionados en usos donde se necesitan propiedades mecánicas más elevadas y frecuentemente llevan tratamiento térmico de endurecimiento. tiene de 0.3% a 0.6% de carbono. Es generalmente utilizado para aplicaciones que requieren una resistencia más elevada a la disponible en los aceros de bajo carbono como en piezas de equipo de maquinaria automotriz y equipo agrícola (Engranajes, ejes, bielas, etc.). Pueden soldarse pero deben tenerse precauciones especiales para evitar fisuras debido al rápido calentamiento y enfriamiento.
- Acero de Alto Carbono (Desde SAE 1055 a 1095): Tiene más de 0.6% de carbono en sus componentes. Se utiliza por lo general en para partes que requieren resistencia mecánica, dureza y resistencia al desgaste como herramientas de corte, cable, alambres, resortes y cuchillería. Después de

haber sido manufacturadas a su forma, las piezas por lo general son tratadas térmicamente y templadas

El American Iron and Steel Institute (AISI) y la Society of Automotive Engineers (SAE), designan los aceros al carbón y aleados utilizando cuatro dígitos. Los primeros dos dígitos indican los elementos de aleación, también sus porcentajes y los dos últimos dígitos indican el contenido de carbono por peso.

En la tabla 2.5, es posible identificar las propiedades mecánicas de acero al carbón y algunas aleaciones dependiendo su estado, los estados hacen referencia al tratamiento térmico, se hace para distribuir uniformemente el carbono, disminuir las tensiones internas y corregir defectos de solidificación y conformado (Normalizados) o para aumentar la elasticidad mientras se disminuye la dureza con lo que se mejora el mecanizado de las piezas, requiere de tratamiento térmico posterior al mecanizado (Recocidos), o el proceso al cual son enfriados una vez adquieren su forma final como son el estirado en frío (EF) o laminado en caliente (LC)

Tabla 2.5 Propiedades mecánicas típicas de aceros al carbono y aleados seleccionados en el estado de laminado en caliente, normalizados y recocidos.

ACERO SAE	Estado	Límite de Rotura (Kg/mm ²)	Límite de Fluencia (Kg/mm ²)	Alargamiento %	Estricción %	Dureza Brinell
1010	LC	39	25	35	55	110
1010	EF	46	42	23	51	141
1015	EF	51	43	22	51	150
1015	LC	40	26	33	55	143
1020	LC	46	22	35	52	127
1020	EF	55	46	21	50	160
1022	LC	43	30	31	61	126
1024	EF	60	56	26	57	156
1025	LC	46	27	29	54	160
1025	EF	58	47	20	50	163
1025	TT	56	42	28	59	168
1030	LC	53	33	26	50	168
1030	EF	60	49	19	50	180
1030	TT	63	45	26	56	185
1035	LC	58	34	25	51	174

1035	TT	60	35	34	68	174
1035	TT	58	36	26	63	173
1040	LC	63	38	24	41	187
1040	EF	64	53	18	46	195
1040	TT	64	39	31	64	186
1045	LC	65	39	26	55	187
1045	N	65	-	-	-	185
1045	TT	68	42	28	56	197
1045	TT	67	43	22	55	193
1050	LC	72	42	18	41	201
1050	TT	73	46	25	0	208
1060	LC	82	50	16	26	217
1060	N	77	-	-	-	225
1060	TT	81	52	19	-	230
1095	LC	103	52	11	18-28	280
1095	N	65	53	6	7	207

Fuente: Adaptación de Kalpakjian & Schmid (2002), Manufactura, Ingeniería y Tecnología, Prentice hall.

En la tabla 2.5 se muestra la mayoría de los aceros al carbono en diferentes estados y las siguientes propiedades mecánicas:

- Límite de rotura: Smith & Hashemi (2006) denominan la tensión de rotura a la máxima tensión que un material puede soportar al ser fraccionado antes que la sección transversal de la pieza se comience a contraer significativamente y se rompa.
- Límite de Fluencia: Es la tensión máxima que un material puede soportar sin sufrir deformaciones permanentes. Un material sometido a tensiones inferiores a su límite de fluencia es deformado temporalmente de acuerdo a la ley de Hooke.
- Alargamiento: También conocido como porcentaje de elongación es una magnitud que mide el aumento de longitud que tiene un material cuando se le somete a un esfuerzo de tracción antes de producirse su rotura. Se expresa en (%) con respecto a su longitud inicial.
- Estricción: Es la reducción de la sección que se produce en la zona de la rotura

- Dureza: Es la oposición que ofrecen los materiales a alteraciones como la penetración, la abrasión, el rayado, la cortadura, las deformaciones permanentes entre otras.

De las cinco anteriores propiedades mecánicas que se definieron, las principales y que determinaran dos de los aceros a simular son el límite de rotura y límite de fluencia ya que estas propiedades establecen las tensiones máximas que el material puede soportar, las otras propiedades hacen referencia a cambios físicos de la pieza. Para determinar las más altas propiedades se eliminaron de la Tabla 2.5 los aceros al carbón que en su estado están tratados térmicamente, ya que esta característica hace que estos tengan propiedades mecánicas más altas pero su costo sea mayor. Tampoco se tuvo en cuenta los aceros con alto porcentaje de carbono (Desde SAE 1055 a 1095) ya que aunque poseen alta resistencia a la tensión, a la cedencia y dureza, como se explicó anteriormente hay que tratar térmicamente el material después de manufacturar las piezas lo que hace que el proceso sea muy costoso. De acuerdo a los parámetros de selección, que se presentaron anteriormente, los resultados de los dos aceros aptos para la manufactura de la base giratoria están dentro de los que se muestran en la Figura 2.4 resultados basados en la información de la Tabla 2.5:

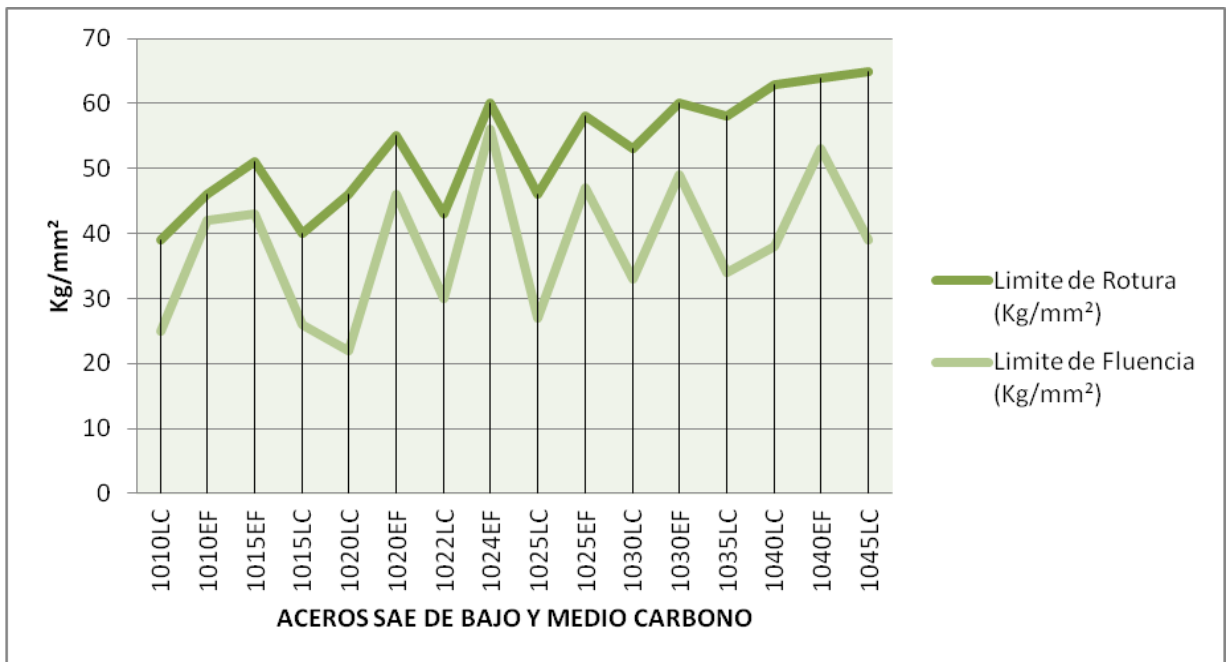


Figura 2.4 Limite de rotura y fluencia de aceros SAE de bajo y medio carbono

Fuente: Elaboración propia

El estado de los aceros presentados en la Figura 2.4 tienen las siguientes referencias: LC: Laminado en caliente y EF: Estirado en frío. Como es posible evidenciar, aunque un acero tenga alto límite de rotura el límite de fluencia puede ser bajo. La determinación para la selección del acero en la fabricación de la base giratoria es la más alta resistencia a la deformación que evite la posible rotura del material y el Límite de Fluencia es la propiedad mecánica que determina esta característica, una vez cualquier acero supere este límite máximo, el material pierde sus características iniciales de fabricación y se deforma permanentemente hasta su rotura. De los aceros los cuatro que poseen un mayor límite de fluencia y en orden descendente están:

- SAE 1024 EF: Con límite de fluencia de 56 Kg/mm², límite de rotura 60 Kg/mm² y bajo carbono es un acero con alta resistencia a la tensión. Más sin embargo es posible ver que hay un límite muy pequeño entre la fluencia y rotura (Zona plástica).
- SAE 1040 EF: Con límite de fluencia de 53 Kg/mm², límite de rotura 64 Kg/mm², es un acero con nivel medio de carbono, con muy alta resistencia a la tensión. Mas sin embargo que tener precaución al soldarlos.
- SAE 1030 EF: Con límite de fluencia de 49 Kg/mm², límite de rotura 60 Kg/mm², es un acero con nivel bajo en carbono, pero con alta resistencia a la tensión. Tiene excelentes características al soldarlos.
- SAE 1020 EF: Con límite de fluencia de 46 Kg/mm², límite de rotura 55 Kg/mm², es un acero con nivel bajo en carbono, pero con alta resistencia a la tensión. Tiene excelentes características al soldarlos.

Hay tres aceros al carbono con bajo contenido y uno con contenido medio de carbono. Para la simulación de materiales en la base giratoria del sistema aeropónico y de los cuatro últimos mencionados, se tendrán en cuenta principalmente porque comercialmente son muy utilizados y fáciles de encontrar, los dos siguientes aceros:

- SAE 1040 EF
- SAE 1020 EF

Con estos dos aceros se concluye la identificación del material a utilizar en la simulación de la base giratoria.

2.2.2.3 SOPORTE ESTRELLA

El soporte estrella es la estructura que sobrelleva las columnas en su totalidad. Esta debe ser muy resistente a la tensión ya que puede llegar a soportar el peso de hasta 8 columnas dependiendo los diseños aeropónicos del sistema, el peso total está determinado por el diseño de las columnas, que determina la capacidad y el material sobre el cual está fabricado, las columnas van sujetas en las puntas, de ahí su nombre.

Al igual que la denominada base giratoria las características del material tienen que ser las mismas; muy resistente a la tensión, con un límite a la fluencia y rotura alto, maleable, con excelentes propiedades de soldadura, económico y comercial, entre otras características.

Es por esa razón que la determinación del material sobre el cual se va a simular el soporte estrella, están fundamentados en el estudio que se realizó de materiales sobre la base giratoria, ver sección 2.2.2.2.1 Metales, y que arrojó los siguientes materiales en acero al carbón:

- SAE 1040 EF
- SAE 1020 EF

2.2.2.3.1 Metales

Tener en cuenta la caracterización de materiales metálicos que se realizó en la sección 2.2.2.2.1 Metales.

2.2.3 IDENTIFICACIÓN DE PROCESOS DE MANUFACTURA

La importancia en la producción y transformación de objetos, está dada por la técnica en cómo se fabrican o manufacturan dichos objetos. Esas técnicas o procedimientos varían principalmente por las características y el tipo de material, la forma de la pieza y disposición del objeto final. Para el caso de la columna de producción, la base giratoria y la estrella del sistema aeropónico, en donde previamente se identificaron los materiales con mejores características para su fabricación, se hace necesario identificar el proceso de manufactura por el cual se podrían fabricar o realizar dichos objetos. Es por eso que se hace necesario realizar una breve descripción de los procesos de manufactura de los polímeros termoplásticos.

2.2.3.1 PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN DE PLÁSTICOS

De acuerdo a Groover (1997) los polímeros termoplásticos pueden principalmente ser procesados por los siguientes procesos de manufactura:

- **Extrusión:** Es un proceso de compresión en el cual se fuerza el material a salir de un orificio de un dado para generar un producto largo y continuo, cuya forma de la sección transversal, queda determinada por la forma del orificio. Con este tipo de proceso se producen tubos, ductos, mangueras, perfiles estructurales, laminas, películas, filamentos continuos, recubrimiento de cables, entre otros. En este proceso el material se alimenta en forma de pelets a un cilindro de extrusión donde se calienta y se hace fluir a través del orificio del dado por medio de un tornillo giratorio.
- **Inyección:** Es un proceso en el que un polímero se calienta hasta un estado altamente plástico y se hace fluir bajo alta presión dentro de la cavidad de un molde donde se solidifica. Se pueden producir formas muy complejas, mas sin embargo la limitación es la capacidad de fabricar un molde cuya cavidad tenga la misma forma que la pieza. Este proceso es el más ampliamente usado para los termoplásticos. Las máquinas de moldeo por inyección consiste de dos componentes principales: la unidad de inyección de plástico (Muy parecida a un extrusor) y la unidad sujetadora del molde. Para este proceso hay que tener en cuenta la contracción del material a utilizar. Algunos de los defectos principales de este proceso son: El llenado deficiente, la rebaba, marcas hundidas y huecos, al igual que líneas soldadas sobre la pieza.
- **Soplado:** En este proceso se usa la presión del aire para hacer formas huecas, inflando el plástico dentro de la cavidad de un molde, es un proceso industrial importante para hacer partes de plástico huecas, como botellas, contenedores de líquidos en general y similares. Este proceso se realiza principalmente en dos pasos: primero se genera un tubo inicial de plástico fundido, llamado parison y segundo se sopla el tubo a la forma final deseada de acuerdo al molde.
- **Termoformado:** Es un proceso en el cual se usa una lámina plana de material termoplástico para darle la forma deseada. Este proceso se utiliza para empaques de productos de consumo y para fabricar grandes artículos como tinas de baños, domos grandes para traga dulces, y revestimientos internos para refrigeradores. Los dos grandes pasos de este proceso es el

calentamiento, realizado generalmente mediante radiadores eléctricos suficiente para ablandar la lámina y formado. Los métodos de formado se pueden clasificar en tres categorías básicas: Termoformado al vacío: Se utiliza presión negativa para adherir la lámina precalentada dentro de la cavidad de un molde; Termoformado a presión: Involucra presión positiva para forzar el plástico caliente dentro de la cavidad de un molde, la ventaja sobre el termoformado al vacío radica en las altas presiones de este método y termoformado mecánico: Se utilizan dos moldes, uno positivo y otro negativo que se aplican contra la lámina u hoja de plástico caliente, forzando el material a asumir su forma, no se usa ni vacío ni presión ni aire por lo que puede llegar a ser un proceso muy económico.

- Fundición: Este procedimiento implica vaciar una resina líquida en un molde, usando la fuerza de gravedad para llenarlo y dejando que el polímero endurezca. Las ventajas de este proceso respecto a otros alternativos como el moldeo por inyección son: El molde es más simple y menos costoso, el artículo vaciado es libre de esfuerzos residuales y de memoria visco elástica, el proceso se adapta a la producción en bajas cantidades.
- Rotomoldeo: En este procedimiento se introduce un polímero en estado líquido o polvo dentro de un molde y al girar el material entre los ejes perpendiculares, se adapta al de la superficie del molde creando piezas huecas. El molde se debe ingresar a un horno a temperaturas que oscilan entre 250°C y 450°C. Los termoplásticos más comunes para su manufactura por este medio son el polietileno (HDPE-LDPE), policloruro de vinilo (PVC), polipropileno (PP), poliestireno (PS), acrilonitrilo butadiense estireno (ABS).

2.3 CONSTRUCCIÓN DEL DISEÑO

Teniendo en cuenta la clasificación previa de materiales que se realizó para aplicarlos en los elementos del sistema aeropónico, se hace necesario construir los elementos que se van a evaluar en la simulación de materiales de SolidWorks, la construcción del diseño se realizó también con la misma herramienta de diseño asistido, recordemos que

SolidWorks® es una solución de diseño tridimensional que integra un gran número de funciones avanzadas, para facilitar el modelado de piezas, crear

grandes ensambles, generar planos y otras funciones que permiten validar, gestionar y comunicar proyectos de forma rápida, precisa y confiable, este programa se caracteriza por su entorno intuitivo y por disponer de herramientas de diseño fáciles de utilizar, los parámetros claves son las dimensiones (cotas) y las relaciones geométricas que definen un modelo tridimensional (SolidWorks Student Version 2012).

A continuación es posible observar, los parámetros que se tuvieron al desarrollar cada uno de los elementos del diseño del módulo aeropónico.

2.3.1 COLUMNA

Lo primero que se determinó para la construcción de los diseños de las columnas a evaluar y teniendo en cuenta el modelo base, sección 2.1, fue la necesidad de mejorar la capacidad del prototipo base, evaluando dos factores claves, el número de caras, y la altura del mismo, factores claves que determinan la capacidad total del sistema. Es importante recordar las columnas del sistema del Señor Rosa son hexagonales (6 Caras) y la altura promedio es de 1800 mm. Con esta información y la de selección de materiales desarrollada en la sección 2.2.2 se definieron las siguientes opciones de columnas a simular:

Tabla. 2.6 Definición combinación de características columnas prototipo a simular

DISEÑOS	ALTURA EN mm	CARAS	MATERIAL
Diseño 1	1800	6	ABS
Diseño 2	1800	8	ABS
Diseño 3	2200	6	ABS
Diseño 4	2200	8	ABS
Diseño 5*	1800	6	HIPS
Diseño 6	1800	8	HIPS
Diseño 7	2200	6	HIPS
Diseño 8	2200	8	HIPS
Diseño 9	1800	6	PET
Diseño 10	1800	8	PET
Diseño 11	2200	6	PET
Diseño 12	2200	8	PET

Fuente: Elaboración propia

*El diseño No. 5 corresponde a las mismas características dimensionales y de material del modelo planteado por Rosas, 2012.

La altura de 1800 mm se definió en base al modelo base del Sr. Rosas, la altura de 2200 mm se definió con el posible objetivo de aumentar la capacidad del sistema y basados en la parte 2 de la Norma DIN 33402 Ergonomics-Human Body Dimensions, 1981, en donde se menciona que el valor límite de alcance de un hombre en posición erguida es de 2210mm y el de la mujer de 2000mm, esto con el fin de crear un prototipo que cumpla con las características de manejo básicas y que al manipular alguno de los alimentos expuestos no haya necesidad de utilizar andamios, si no máximo unas escaleras o butaca pequeña de ayuda.

Las dimensiones o la longitud de la cara de la columna se tuvo en cuenta en base a las dimensiones de una lechuga en su estado máximo de desarrollo, es importante que la distancia que haya entre ellas sea lo suficientemente amplia para que no haya ningún tipo de problema en el desarrollo de la planta, afortunadamente la forma de polígono de la columna facilita el crecimiento de la planta ya que el contacto que hay con las otras plantas es mínimo, mas sin embargo hay que considerar una distancia estándar que se debe mantener, en su libro Guías Técnicas del manejo postcosecha de apio y lechuga para el mercado fresco, Cerdas & Montero (2004) las autoras recomiendan la distancia entre plantas deba ser de entre 10 y 20 cm de distancia entre tallo. Es por eso que se fijó una medida mínima de 200 mm para la construcción de las caras de las columnas. Por su parte las paredes de la columna tendrán un espesor de 15 mm

Una vez se definieron las alturas, el número de caras y el ancho de estas se procedió a realizar la construcción del diseño, definiendo geometrías básicas de construcción (Sketch), un polígono para las columnas de 6 u 8 caras con la dimensión fijada para cada cara y se extruyó la geometría (Ver figura 2.5), para este caso se va a tomar la representación de la columna de 8 caras, ya que la definición de combinación de columnas seleccionadas tuvo el mismo proceso de construcción.

Se procedió luego a realizar el corte de extrusión en el bloque del octágono dejando una pared interna de 15mm (Ver figura 2.6). Uno de los factores de diseño que se tuvieron en cuenta en la elaboración de la columna fue que el diámetro inferior y superior variaran para aprovechar al máximo el goteo del sustrato y la nebulización del mismo, por lo que todos los diseños tuvieron una reducción de aproximadamente 19 mm respecto al diámetro superior de la columna.

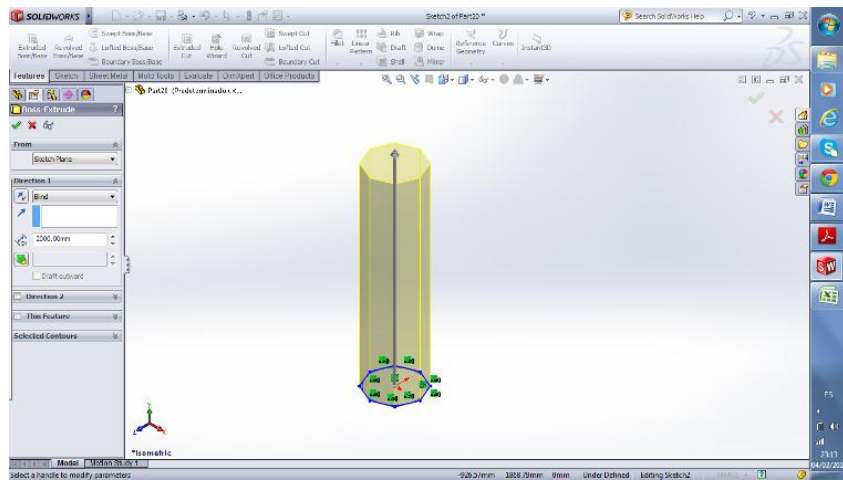


Figura 2.5 Construcción geometría y extrusión de la columna de 8 caras
Fuente: Elaboración propia

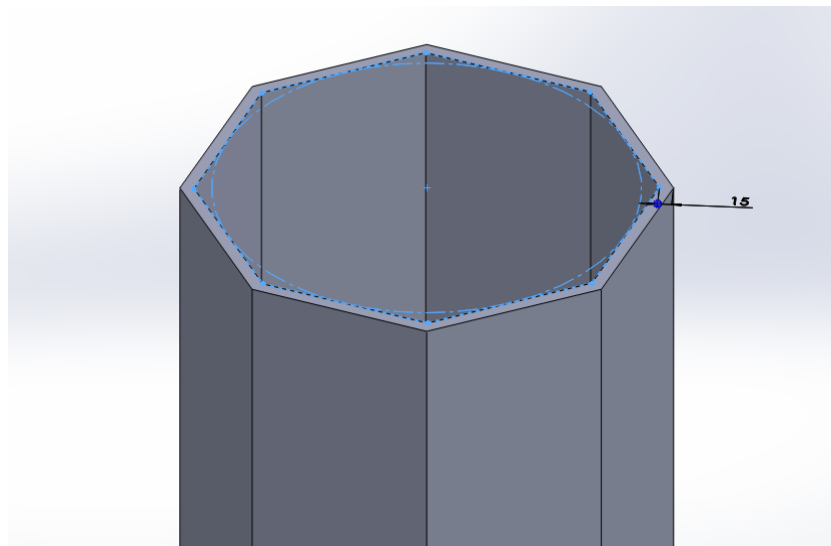


Figura 2.6 Extrusión corte interno de columna
Fuente: Elaboración propia

Sobre la parte inferior de la columna se dejó un agujero de 50mm o 2" que es por donde el nutriente re-circulara de nuevo a al tanque por medio de unos tubos. Los agujeros sobre la superficie se hicieron por la matriz de patrón de dibujo lineal, el diámetro de cada agujero es de 30mm, teniendo en cuenta el diámetro aproximado de la base de una lechuga y la distancia entre agujeros fue de 150mm verticalmente, cabe mencionar que para que haya la menor interferencia interna entre las raíces de la planta los agujeros de las caras deben ir intercalados en forma de rombo. (Ver figura 2.7)

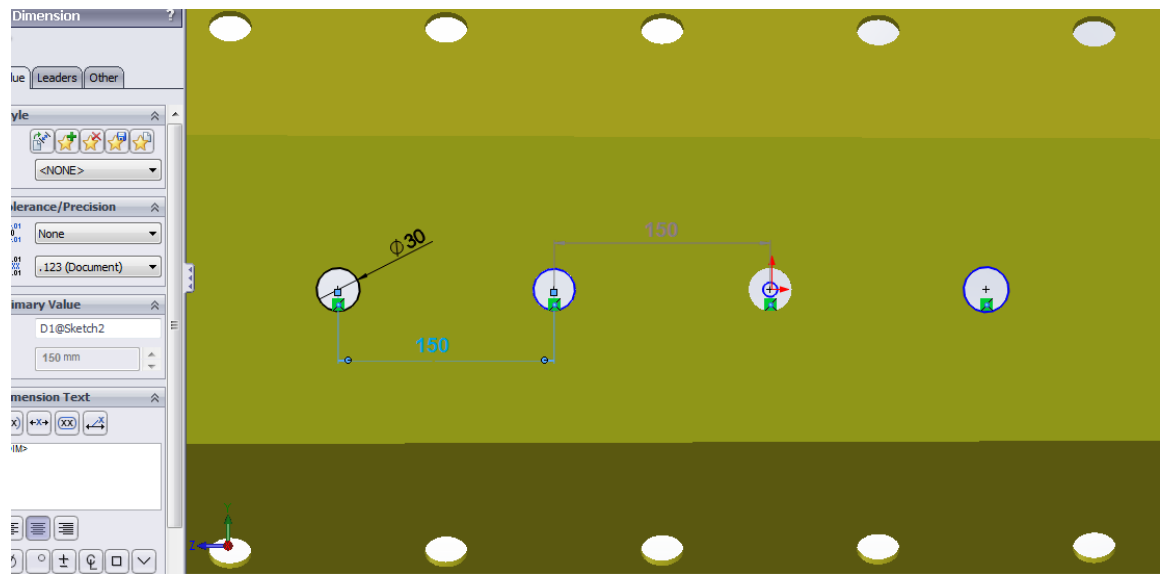


Figura. 2.7 Extrusión de agujeros por matriz geométrica, equidistantes a 150 mm
Fuente: Elaboración propia

El detalle superior en donde va a ir sujeta la base giratoria es una especie de buje realizada en el mismo material de la estructura columna, este detalle se ubicó internamente 55 mm de la pared interior con un diámetro exterior de 70 e interior de 38 mm 1 1/2", la distancia entre la parte superior de la columna y el eje central del buje interno se determinó en 60 mm. (Ver figura 2.8). Este detalle es muy importante definirlo ya que sobre este va a ir soportado todo el peso del material de la columna y el de las plantas.

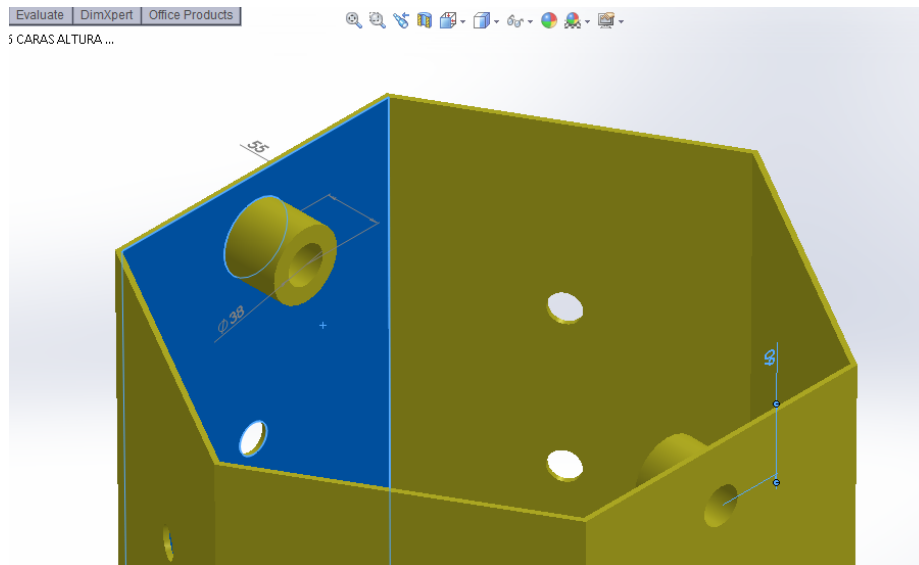


Figura 2.8 Definición de sujeción en la parte superior de la columna
Fuente: Elaboración propia

En la figura 2.9 es posible observar el dibujo del esquema de la columna, en este caso se tomó como referencia la de 8 caras de longitud 2200 mm, el posible observar la variación del diámetro superior e inferior y las medidas generales del mismo.

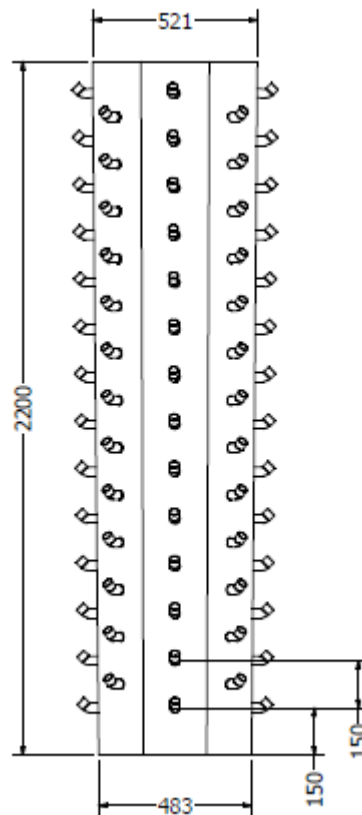


Figura 2.9 Esquema general del diseño propuesto para las columnas de producción
Fuente: Elaboración propia

2.3.2 BASE GIRATORIA

Uno de los objetivos del presente proyecto es que las estructuras a realizar puedan a futuro desarrollarse, es por eso que para la base giratoria se tuvo en cuenta perfiles estructurales comerciales. El manejo de este tipo de perfiles en la herramienta SolidWorks es sencillo de realizar ya que existe una opción en la pestaña de Office Products llamada SolidWorks Toolbox, haciendo clic sobre esta opción se despliega un listado de perfiles estructurales la mayoría comerciales para el caso de la base giratoria se utilizó un perfil ANSI de 3x2x3x16 inch. Este

perfil se escogió debido a que es uno de los perfiles rectangulares más livianos por sus medidas además no es un perfil robusto el cual podría interferir con el diseño del sistema. Se realizaron cortes achaflanados a 45° sobre los extremos del tramo que estaría ubicado horizontalmente sobre la columna y que va conectado a la estrella y se unieron en los cortes con los brazos que van unidos a la columna por un sistema de bujes. Sobre la parte central del perfil horizontal se ubicó una barra de 2" de longitud 250 mm que va sujeta a la estrella.

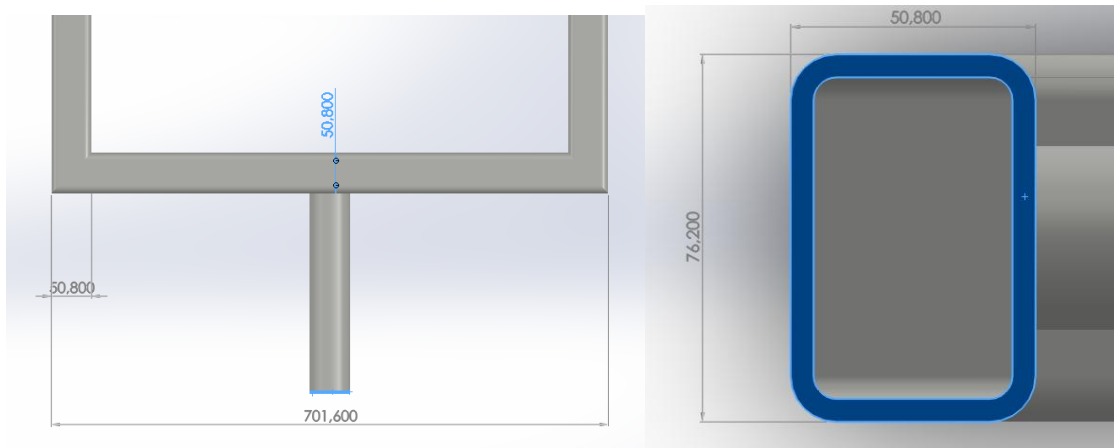


Figura 2.10 Detalle Base giratoria

Fuente: Elaboración propia

El diseño de la parte inferior de la base giratoria que se conecta con la columna es fundamental para la validación del prototipo final, es por eso que en uno de los extremos se definió ubicar un pasador de 180 mm de longitud el cual va a atravesar, desde la parte exterior el perfil de la base giratoria el cual tiene un buje con diámetro externo de 63.5 mm e interno de 38 mm, hasta el buje de la parte superior de la columna, el pasador va reduciendo su diámetro para que este pueda ingresar sin problema al buje en plástico de la columna con un tope de 38.1 mm y un diámetro mínimo de 35 mm. (Ver Figura 2.11), una vez se ubica el pasador dentro del perfil y la columna se ajusta este con una tuerca DIN 439-2 M39 que se identificó en la herramienta SolidWorks Toolbox.

En el otro extremo inferior de la base giratoria se soldaría un tramo de barra de 38 mm (1 ½") el cual ensamblaría junto con el otro buje de la columna. (Ver Figura 2.12)

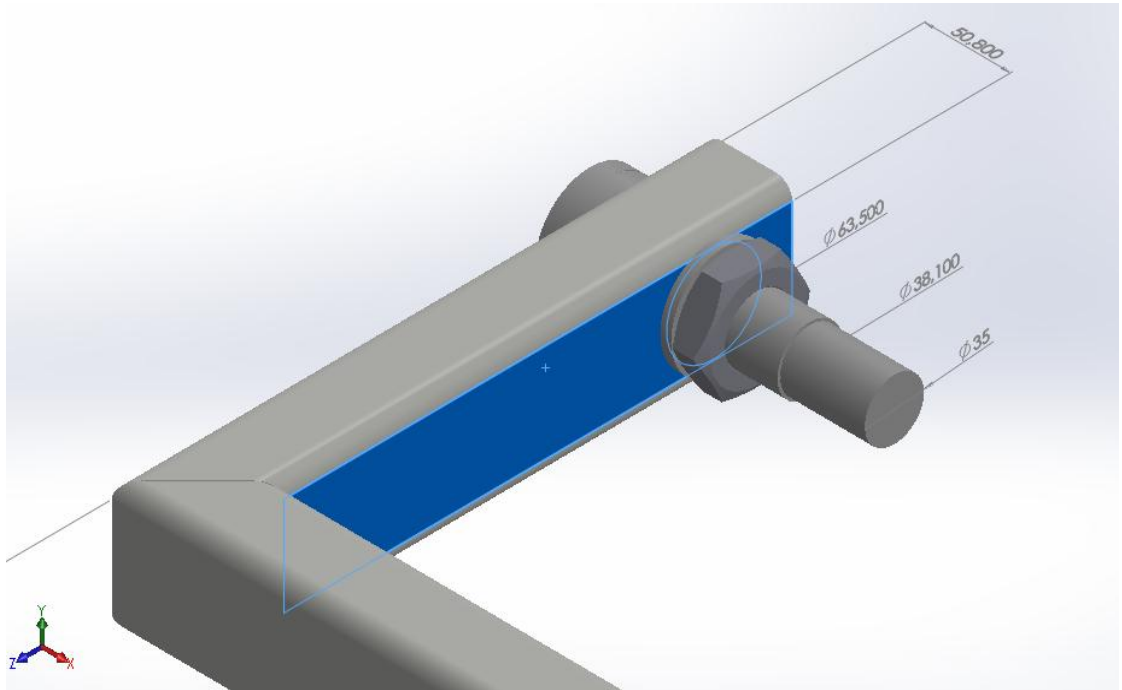


Figura 2.11 Detalle sujeción base giratoria a columna en uno de los extremos
Fuente: Elaboración propia

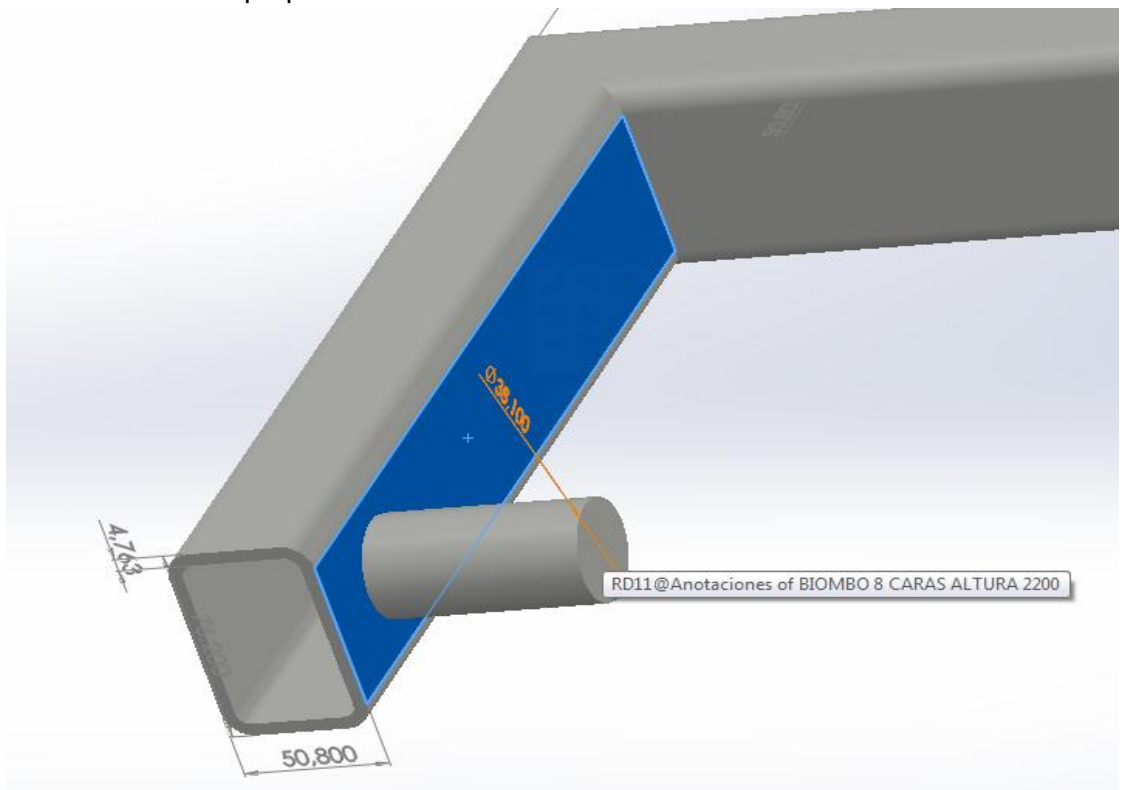


Figura: 2.12 Detalle sujeción base giratoria a columna en el extremo opuesto
Fuente: Elaboración propia

El esquema general y/o plano de la base giratoria está representado en la figura 2.13.

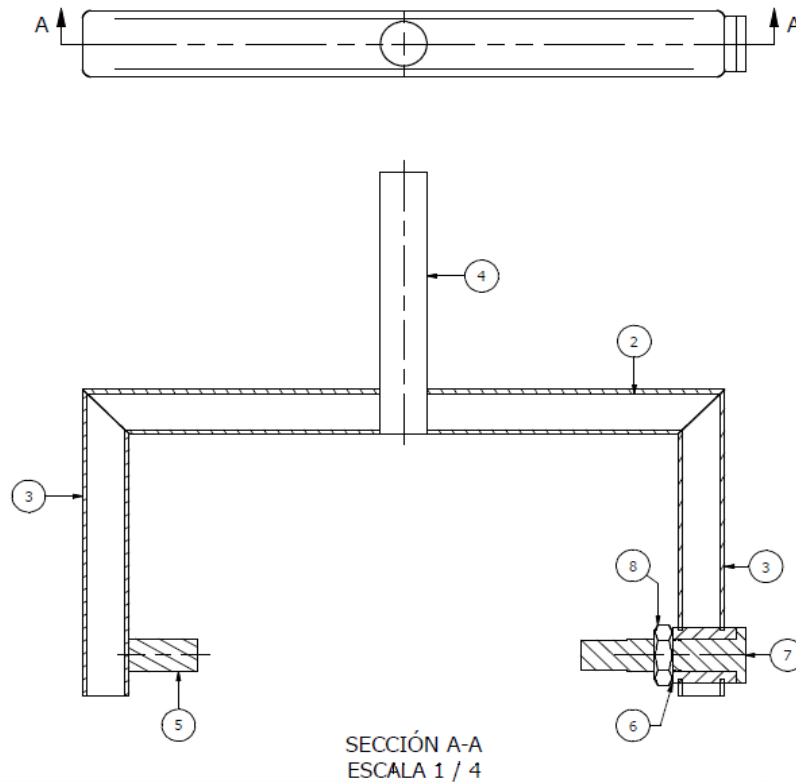


Figura 2.13 Plano completo de la base giratoria

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

2. Perfil rectangular de 3x2x3x16
4. Barra en acero al carbono de 2"
5. Barra en acero al carbono de 1 ½"
6. Buje en acero al carbono con diámetro exterior de 63.5 mm e interior de 38.1 mm
7. Pasador en acero al carbono
8. Tuerca DIN 439-M39

2.3.3 ELEMENTOS ADICIONALES

La construcción del diseño propuesto tiene elementos adicionales que aunque se realizaron no se van a tener en cuenta en la evaluación de simulación de materiales de la columna, la base giratoria y la estrella de producción. Entre ellos están:

- **Diodos de Luz:** Estos irían ubicados en el centro de la estrella de producción y sobre una barra en acero se ubicarían las luces LED.

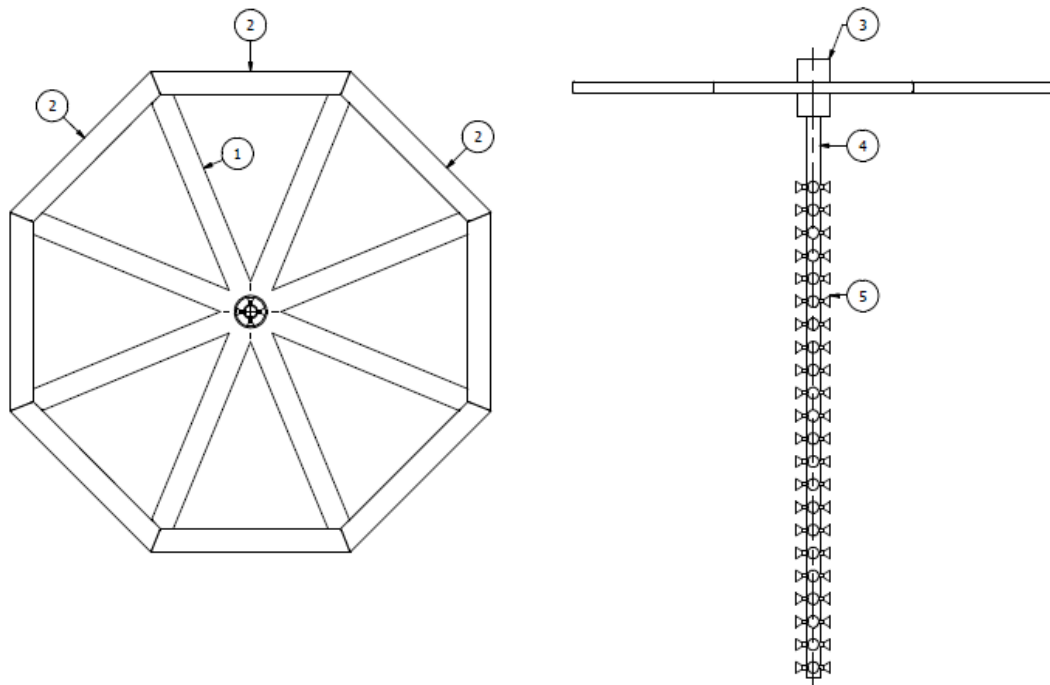


Figura 2.14 Diseño de la ubicación barra luces LED en estrella

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

1. y 2. La estrella estaría elaborada en perfiles estructurales ANSI de 4x2x3/16
3. Sobre la estrella iría ubicado un buje para soportar la estrella en la estructura general
4. Barra en acero al carbono de 2"
5. Bombillos LED

- **Estructura soporte estrella:** El diseño generalizado o superficial de este elemento se realizó teniendo en cuenta el diámetro de la estrella de producción para que no tuviera interferencia o roces con la estructura. En la figura 2.15 se puede observar las generalidades del diseño de esta pieza.

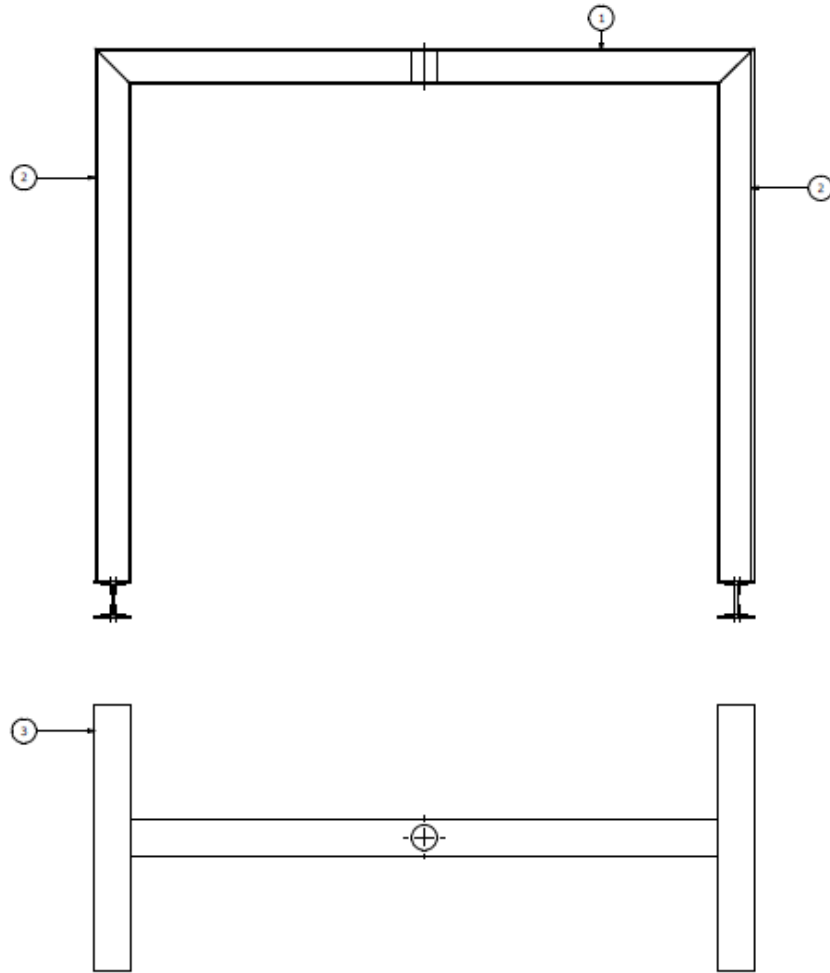


Figura 2.15 Generalidades construcción soporte estrella

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

1., 2. Y 3. Perfil estructural HP de 8"x36

- **Ensamble general:** Aunque el ensamble general debe pertenecer al diseño final seleccionado, por las características del material y las dimensiones de las columnas que relacionan la capacidad de producción, en la figura 2.16 es

posible observar el modelo general del sistema agroindustrial tipo aeropónico, con todas las características de diseño mencionadas anteriormente y un detalle de rotación automática el cual no se profundizó en el presente trabajo puesto que no hacía parte de los objetivos principales del proyecto.

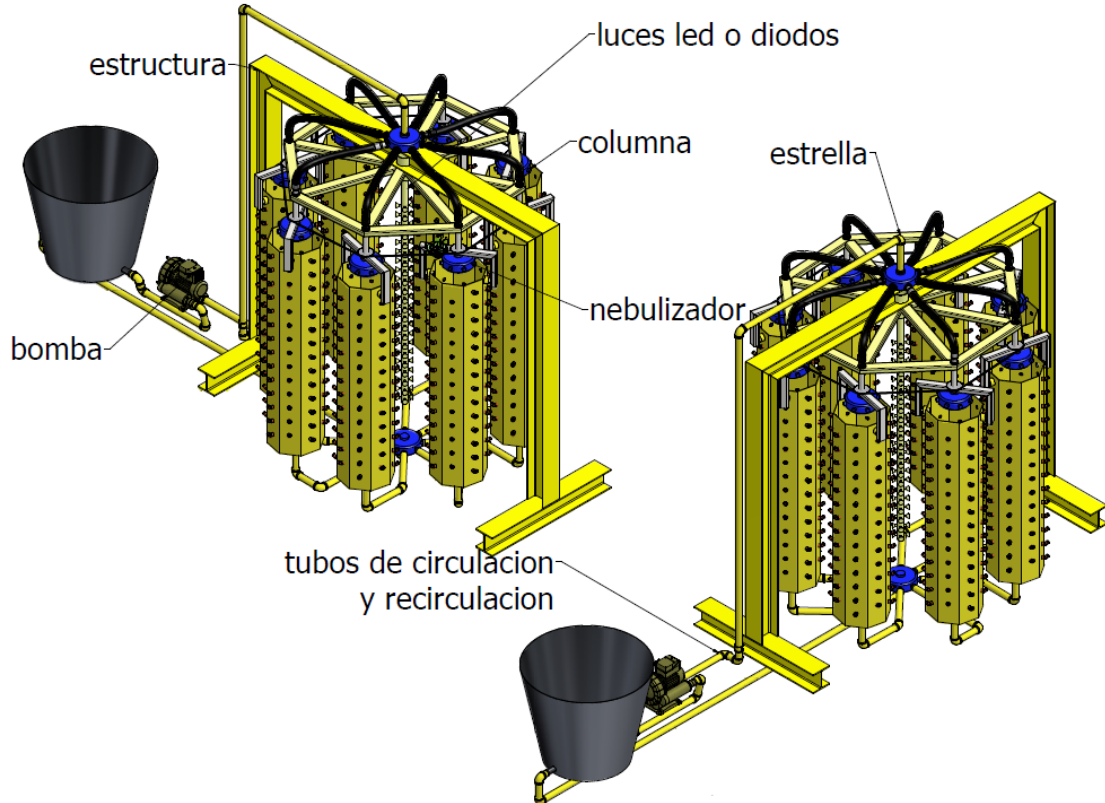


Figura 2.16 Ensamble general de los elementos pertenecientes a la propuesta de diseño de un sistema aeropónico vertical.

Fuente: Elaboración propia

2.4 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO PRODUCTIVO

Para tener claridad del proceso productivo de crecimiento de lechugas en un sistema aeropónico es indispensable tener conocimiento y claridad respecto a los diferentes procedimientos que hacen parte de todo el proceso productivo, el presente trabajo tiene intervención, para una futura implementación, en dos

procedimientos, ellos son los de siembra de plántulas en la estrella de producción y maduración de las plantas, basadas en la evaluación final del prototipo. A continuación es posible ver un diagrama de flujo del proceso productivo de lechugas en sistemas aeropónicos:



Figura 2.17 Diagrama de flujo proceso de producción de lechugas por medio aeropónico

Fuente: Elaboración Propia.

2.4.1 EVALUACIÓN Y COMPRA DE PLÁNTULAS

En este procedimiento es indispensable la búsqueda de un proveedor que suministre plántulas de lechugas en excelente estado, la planta debe estar vigorosa, color verde vivo, con raíz larga y no debe presentar ningún tipo de

alteración en las hojas, hay que resaltar que la compra de plántulas facilitará gradualmente el tiempo de producción de las lechugas, ya que la germinación y el desarrollo inicial de las semillas es de entre 20 y 30 días, no siendo todas aptas para el cultivo aeropónico, mientras que al comprar estas a un proveedor certificado, se estaría garantizando la reducción en el tiempo de producción, 0% desperdicio de semillas y calidad.

2.4.2 PREPARACIÓN PLÁNTULAS

Aunque el comprar las plántulas a un proveedor certificado significa que estas cuentan con los requerimientos necesarios para ser sembradas en nuestro sistema, las plántulas deben ser inspeccionadas una a una para garantizar en un 100% la calidad de estas y además la raíz debe ser cuidadosamente lavada con agua tibia para remover la tierra que estas poseen. Una vez la plántula esta lista se debe ubicar entre el cuerpo de la planta y la raíz un anillo en espuma de Polyfoam de baja densidad que sería la base para ubicarlas en las columnas de producción.

2.4.3 SIEMBRA EN ESTRELLAS

Una vez se garantiza que la planta cumple con todos los requerimientos de calidad es necesario trasladarla a un lugar en el cual se le suministren los nutrientes necesarios para el completo desarrollo de esta, para nuestro caso ese lugar en donde se le va a suministrar a la planta el sustrato es la columna de producción que estaría en la estrella, hay que tener en cuenta que para que una estrella sea productiva y se aproveche al máximo la aspersion de nutrientes esta debe estar en su capacidad total, esta labor debe realizarse bajo parámetros técnicos que garanticen el excelente posicionamiento de las plántulas en cada columna para que estas puedan absorber el sustrato.

2.4.4 MADURACIÓN DE LA PLANTA

Este es un procedimiento de especial cuidado y el más largo en donde las plantas alcanzan su maduración en el término de 28 a 32 días. Durante este tiempo se debe garantizar que las plantas cuenten con el suficiente y adecuado sustrato, el control de la temperatura y de plagas debe también garantizarse, aunque este último en este tipo de cultivos es casi despreciable, claro está, si se cumplen con todos los estándares de sanidad en el proceso. El monitoreo constante de las variables descritas anteriormente debe realizarse periódicamente durante el transcurso de un turno.

2.4.5 RECOLECCIÓN

La recolección es el procedimiento en el cual una vez las lechugas o las plantas a cultivar cumplen con todos los parámetros de calidad para consumo se proceden a recolectar o retirar de las columnas de producción. Como al momento de la siembra de las plántulas se trata de que se realice llenando la capacidad máxima de la estrella, al momento de la recolección se pretende lo mismo, recolectar o retirar todas las plantas de la estrella, este procedimiento se realiza teniendo la máxima precaución de seguridad con los operarios y ubicando los alimentos en canastillas para desplazarlas luego al área de empaque.

2.4.6 EMPAQUE

El empaque es un procedimiento importante ya que es como se va a mostrar el producto final al consumidor, una vez las lechugas están en el área de empaque, hay que revisar minuciosamente el producto final, identificando posibles afectaciones de color, hongos o maduración excesiva en las hojas de las lechugas o del alimento sembrado. Una vez realizada la inspección sobre una bolsa plástica impresa con el logo de la compañía, los valores nutricionales del alimento y con sustrato vertido, ubicamos la planta en la bolsa y sellamos la raíz que debe estar sumergida en el sustrato con un cordón. El objetivo de este procedimiento es garantizar que el producto que llega al consumidor este 100% fresco, lo que denominaríamos un alimento vivo cultivado en agricultura limpia.

2.4.7 DISTRIBUCIÓN

La distribución de los alimentos se debe realizar casi que inmediatamente, con el fin de evitar costos en almacenamiento, es importante que el vehículo cumpla con los parámetros mínimos de transporte de alimentos como el control de temperatura y en condiciones de higiene óptimas.

3. CAPITULO 3. SIMULACIÓN DEL MODELO

3.1 DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE A UTILIZAR

Como herramienta de simulación del prototipo a presentar se eligió el software Solidworks mediante su herramienta para análisis de materiales **SolidWorks Simulation**, esto teniendo en cuenta que este es un Software CAD bastante simple de utilizar, muy completo y que satisfacía las necesidades de diseño, aún más teniendo en cuenta que es el software de diseño que se encuentra licenciado en la Universidad EAN.

Este es una herramienta ofimática de arquitectura abierta, multi-CAD, multi-documento, diseñado originalmente para el sistema operativo Windows, que permite realizar simulaciones por Análisis de Elementos Finitos (FEA) de modelos sólidos creados en prácticamente cualquier sistema CAD.

Según el autor SolidWorks simulation “es una herramienta de validación de diseño integrada a SolidWorks que permite simular el comportamiento de piezas y ensamblajes mediante la aplicación del Análisis por Elementos Finitos” (FEA). (Gómez, 2010)

La simulación desarrollada por medio del Software SolidWorks contempla la utilización de modelos matematicos mediante la resolución de ecuaciones algebraicas y diferenciales que permiten establecer la mejor solución al planteamiento (Simulación por eventos continuos).

3.2 METODO DE ANALISIS DE ELEMENTOS FINITOS(FEA)

3.2.1 DEFINICIÓN

El FEA consiste en un modelo informático del material o diseño que es tensado y analizado para conseguir resultados específicos. Es usado en el diseño de nuevos productos, y en la mejora de los actuales. Una empresa capaz de verificar un diseño propuesto será capaz de ajustarse a las especificaciones del cliente antes de la fabricación o construcción. Si tenemos que modificar un producto o estructura existente, podemos usar el FEA para calificar la modificación para unas nuevas condiciones de servicio. En caso de fallo estructural, el FEA nos puede

ayudar a determinar el diseño de las modificaciones para ajustarse a las nuevas condiciones. (Culebras, 2011)

Hay generalmente dos tipos de análisis que son usados en la industria: modelos en 2D y en 3D. Mientras los modelos en 2D conservan la simplicidad y permiten que el análisis se realice en un ordenador normal, tiende a dar resultados menos precisos. El modelado en 3D, sin embargo, produce resultados más precisos mientras sacrifica la habilidad para funcionar de manera efectiva en cualquier ordenador. Con cada uno de estos esquemas modelados, el programador puede insertar numerosos algoritmos o funciones que pueden hacer al sistema comportarse de manera lineal o no lineal. Los sistemas lineales son menos complejos y normalmente no tienen en cuenta deformaciones plásticas. Los sistemas no lineales toman en cuenta las deformaciones plásticas, y algunos incluso son capaces de testear el material hasta la fractura.

El FEA es un método numérico de resolución de ecuaciones diferenciales. Para ello trabaja discretizando la estructura en elementos de forma variada (pueden ser superficies, volúmenes y barras), que se conectan entre sí mediante “nodos”. La solución ahora es sólo aproximada en función de los resultados obtenidos para los nodos. El MEF parte del cálculo matricial en el planteamiento del equilibrio en los nodos mediante un sistema de ecuaciones resultado de la contribución de los elementos. (Culebras, 2011)

3.2.2 HISTORIA

El análisis de elementos finitos desde su enfoque matemático fue desarrollado en 1943 por Richard Courant, quien usó el Método de Ritz del análisis numérico y el cálculo vectorial para obtener soluciones aproximadas para sistemas oscilatorios. Desde un punto de vista ingenieril, el análisis de elementos finitos se origina como el método de análisis estructural de matrices de desplazamiento, el cual surge luego de varias décadas de investigación, principalmente en la industria aeroespacial inglesa, como una variante apropiada para computadores. Para finales de los años 50, los conceptos claves de matriz de rigidez y ensamble de elementos existen en las formas como se conocen hoy en día, la demanda de la NASA repercutió en el desarrollo del software de elementos finitos NASTRAN en 1965. (Culebras, 2011)

3.2.3 MODELO DE TRABAJO FEA

El FEA usa un complejo sistema de puntos llamados nodos que hacen una red llamada malla. Esta malla está programada para contener el material y las propiedades de la estructura que definen como esta reaccionará ante ciertas condiciones de carga. A los nodos se les asigna una densidad por todo el material dependiendo del nivel de estrés anticipado en un área. Las regiones que recibirán gran cantidad de estrés tienen normalmente una mayor densidad de nodos (densidad de malla) que aquellos que experimentan poco o ninguno.

Puntos de interés consisten en: puntos de fractura previamente testeados del material, entrantes, esquinas, detalles complejos, y áreas de elevado estrés. La malla actúa como la red de una araña en la que desde cada nodo se extiende un elemento de malla a cada nodo adyacente. Este tipo de red vectorial es la que lleva las propiedades del material al objeto, creando varios elementos. (Culebras, 2011)

Básicamente los pasos a seguir en el análisis de estructuras mediante el método de los desplazamientos a través del FEA y como lo indica Patxi Culebras son: (Culebras, 2011):

- El continuo se divide, mediante líneas o superficies imaginarias en un número de elementos finitos. Esta parte del proceso se desarrolla habitualmente mediante algoritmos incorporados a programas informáticos de mallado durante la etapa de pre-proceso.
- Se supone que los elementos están conectados entre sí mediante un número discreto de puntos o “nodos”, situados en sus contornos. Los desplazamientos de estos nodos serán las incógnitas fundamentales del problema, tal y como ocurre en el análisis simple de estructuras por el método matricial.
- Se toma un conjunto de funciones que definan de manera única el campo de desplazamientos dentro de cada “elemento finito” en función de los desplazamientos nodales de dicho elemento. Por ejemplo, el campo de desplazamientos dentro de un elemento lineal de dos nodos podría venir definido por: $u = N1.u1 + N2.u2$, siendo $N1$ y $N2$ las funciones (de forma) comentadas y $u1$ y $u2$ los desplazamientos en el nodo 1 y en el nodo 2.

- Estas funciones de desplazamientos definirán entonces de manera única el estado de deformación del elemento en función de los desplazamientos nodales. Estas deformaciones, junto con las propiedades constitutivas del material, definirán a su vez el estado de tensiones en todo el elemento, y por consiguiente en sus contornos.
- Se determina un sistema de fuerzas concentradas en los nodos, tal que equilibre las tensiones en el contorno y cualesquiera cargas repartidas, resultando así una relación entre fuerzas y desplazamientos de la forma $F = k \cdot u$, que como vemos es similar a la del cálculo matricial.
- La resolución del sistema anterior permite obtener los desplazamientos en los nodos y con ellos definir de manera aproximada el campo de desplazamientos en el elemento finito.
- En la etapa de post-proceso se presentan los resultados, generalmente de forma gráfica para su análisis.

3.3 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL MODULO DE SIMULACIÓN DE MATERIALES EN SOLIDWORKS

A continuación se describen las opciones de estudio de diseño que nos presenta el Software y una breve descripción de las mismas.

3.3.1 ANÁLISIS ESTÁTICO

Este estudio permite realizar un análisis de cómo se deforma el modelo en prueba y a que tensiones está siendo sometido, esta simulación nos permite establecer un factor de seguridad donde si la tensión a la cual es sometida el objeto es superior a dicho factor, se muestra el gráfico en rojo indicando que se debe rediseñar dicha pieza. (Gómez, 2010)

3.3.2 ESTUDIO DE PANDEO Y FRECUENCIA

Este análisis identifica los factores de carga crítica de pandeo y en qué modo suceden estos, además calcula las frecuencias resonantes y las formas modales.

3.3.3 ESTUDIO TÉRMICO

Este análisis establece los cambios térmicos y las transferencias de calor a las cuales está expuesto un modelo y que cambios físicos puede sufrir este.

3.3.4 ESTUDIO DE CAÍDA

Este estudio permite simular cómo se comporta una pieza o ensamble al ser sometido a un impacto por caída, estableciendo factores como la velocidad de la caída, las deformaciones que este sufre en la masa y a que tensiones está sometido.

3.3.5 ESTUDIO DE FATIGA

El análisis de fatiga estudia el comportamiento que tiene un modelo expuesto a una carga mecánica y térmica en ciclos determinados, así como el comportamiento al final de dichos ciclos.

3.3.6 ESTUDIO DE DISEÑO

Este estudio se encuentra inmerso en los estudios previamente definidos y su función principal es diseñar productos con el material justo y necesario sin que se rompa durante su funcionamiento normal a lo largo de su ciclo de vida. (Gómez, 2010)

Por la naturaleza del estudio a realizar se decidió utilizar tres de los estudios anteriormente mencionados, esto teniendo en cuenta que dichos estudios son los que cumplen con las necesidades del diseño:

- Estudio Estático
- Estudio de Pandeo
- Estudio de Frecuencia

3.4 CONSTRUCCIÓN Y DESARROLLO DE LA SIMULACIÓN

3.4.1 DEFINICIÓN DE ESTUDIOS A REALIZAR

A continuación se encuentra un análisis más detallado de los tres estudios a simular en el software, estos tres estudios se definieron como claves a la hora de realizar la comprobación del diseño, los demás estudios fueron descartados puesto que no son relevantes para simular los comportamientos del sistema propuesto; El estudio térmico fue descartado puesto que el diseño no va a encontrarse expuesto a condiciones especiales o variaciones de temperatura, el estudio de caída se descartó teniendo en cuenta que el diseño propuesto no debe ser sometido a ninguna fuerza externa por golpe o caída, en cuanto al estudio de diseño en la versión 2013 del Software este se encuentra integrado a los demás estudios dándose por realizado el mismo.

Teniendo en cuenta lo anterior los tres estudios que se definió realizar son:

- Estudio de Fatiga
- Estudio de Frecuencia
- Estudio de Pandeo

3.4.2 MODELOS A SIMULAR

A continuación se presenta un cuadro donde se puede observar las diferentes combinaciones de materiales y diseños definidas para realizar la simulación en el software y de este modo poder definir cuál de estos diseños cumple de mejor manera con las especificaciones dadas (Estas combinaciones de materiales y diseños fueron definidas en el capítulo 2.3 Desarrollo del modelo propio).

Las tres características a evaluar en cada diseño son:

- Altura: Las alturas del biombo de producción propuestas son de 1800 mm y 2200 mm

- Numero de Caras: El número de caras hace referencia a la forma del biombo en este caso se analizaran dos (Hexagonal y Octogonal)
- Material: Los tres materiales propuestos para el modelo de la columna son plásticos termoplásticos (Ver sección 2.3.2): Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS), poliestireno de alto impacto (HIPS), Polietileno-Tereftalato (PET)

Tabla 3.1 Modelos propuestos de simulación.

CARACTERÍSTICAS DISEÑOS	ALTURA EN Mts	NUMERO DE CARAS	MATERIAL
Diseño Referencia	1,8	6	HIPS
Diseño 1	1,8	6	ABS
Diseño 2	1,8	8	ABS
Diseño 3	2,2	6	ABS
Diseño 4	2,2	8	ABS
Diseño 5	1,8	8	HIPS
Diseño 6	2,2	6	HIPS
Diseño 7	2,2	8	HIPS
Diseño 8	1,8	6	PET
Diseño 9	1,8	8	PET
Diseño 10	2,2	6	PET
Diseño 11	2,2	8	PET

Fuente: Elaboración propia

3.4.3. DESARROLLO DE LA SIMULACIÓN

A continuación se describe el paso a paso de cómo se desarrolla la simulación de cada uno de los estudios propuestos en **SolidWorks Simulation**, así como qué requerimientos necesita cada una de las simulaciones para poder desarrollarse de manera efectiva, el estudio presentado a continuación corresponde al diseño numero 11 correspondiente al Biombo de 8 caras con una altura de 2200 milímetros en un plástico PET, esto ya que al realizar todos los respectivos estudios este diseño presenta las mejores características cumpliendo con los requerimientos propuestos de diseño, capacidad y requerimientos de materiales. Los resultados de los estudios realizados a los demás modelos pueden ser observados en el índice de anexos.

3.4.3.1 ESTUDIO ESTÁTICO

- Definición del estudio a realizar: Después de tener la pieza a simular abierta en el complemento de **SolidWorks Simulation** se debe definir qué estudio se va a realizar como lo muestra la Figura 3.1:

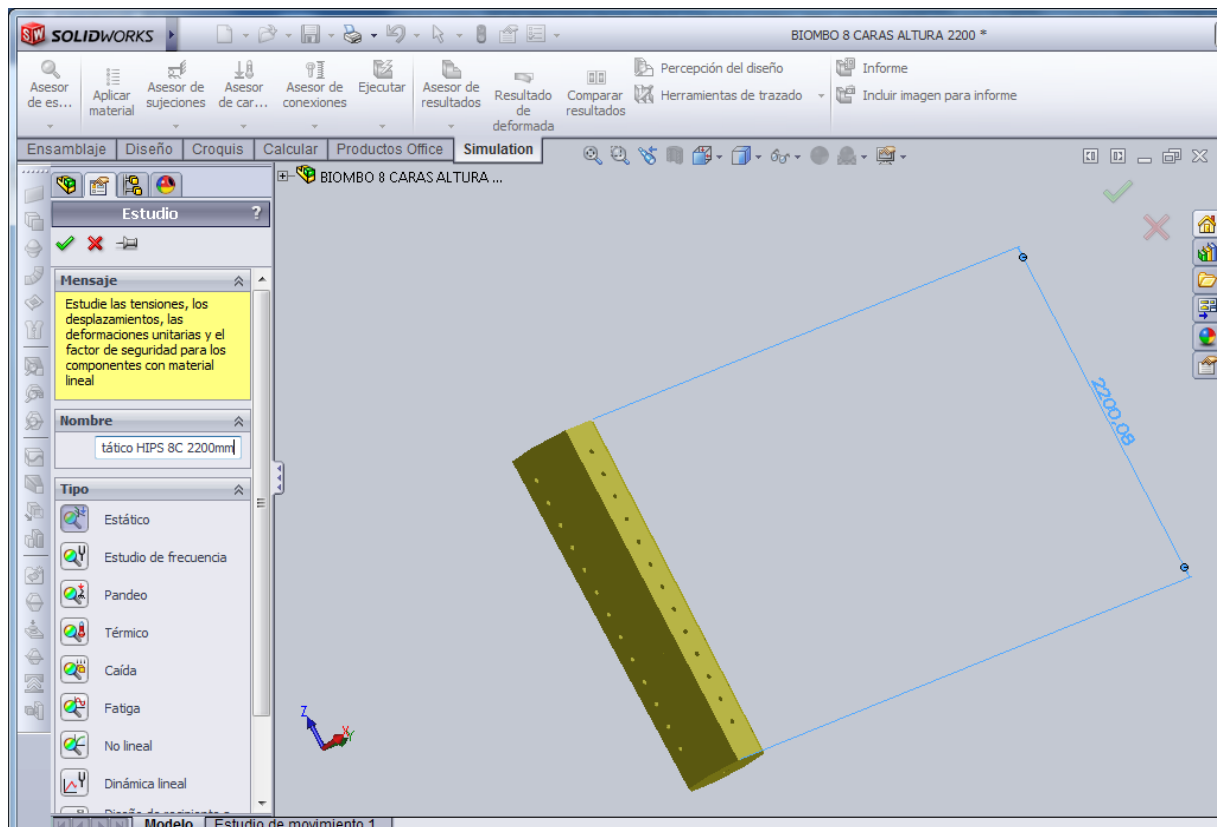


Figura 3.1 Estudio de Simulación Estática

Fuente: Tomado de SolidWorks Simulation

- Definición de Materiales: Según lo definido para el Diseño numero 11 el plástico a utilizar es PET (Polietileno-Tereftalato).

Al definir este material el programa trae automáticamente las propiedades del mismo tales como: Modulo elástico, Coeficiente de Poisson, Modulo cortante, densidad límites de tracción, etc.

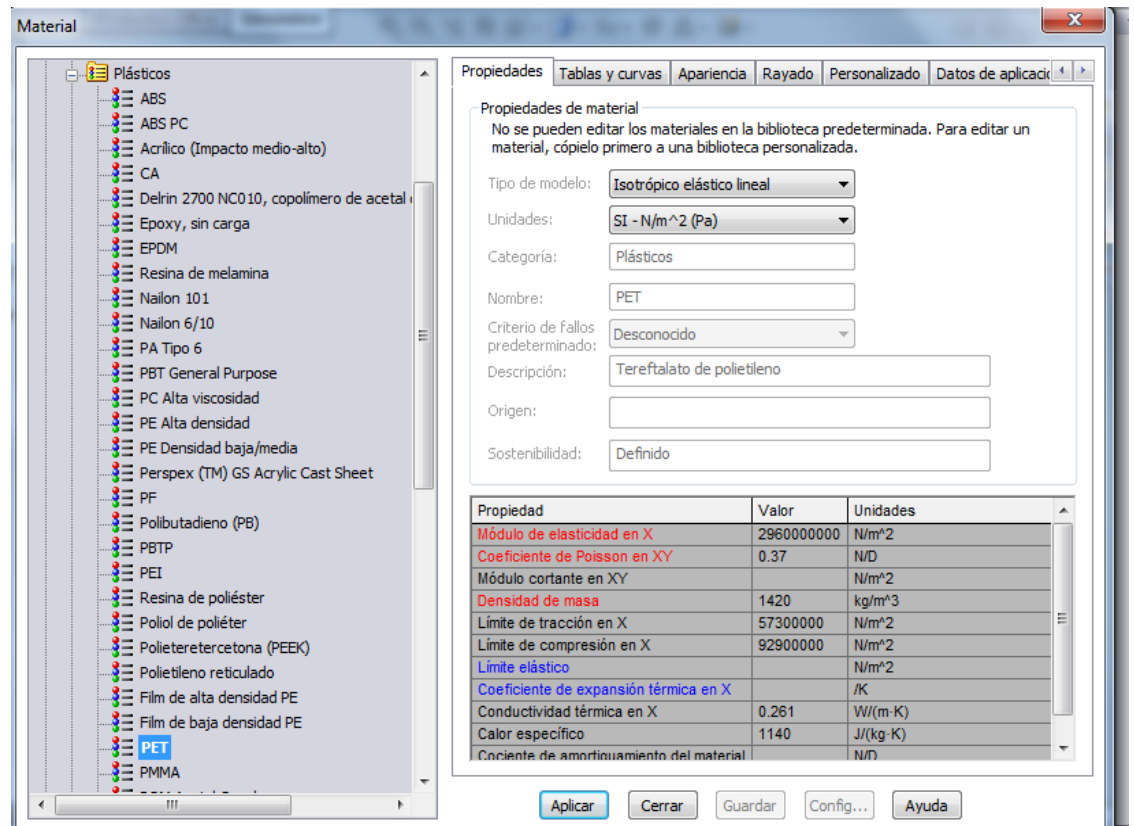


Figura 3.2 Estudio de Simulación Estática Materiales

Fuente: Tomado de SolidWorks Simulation

- Sujeciones del modelo: Después de haber definido el material se debe establecer que tipo de sujeción se aplica al diseño en este caso se optó por una sujeción fija aplicando la misma a las dos piezas cilíndricas en las cuales se encuentra soportado todo el biombo, esto ya que la mayor cantidad de fuerza se ejerce en este punto al ser el este al que viene anclado el soporte base de la estrella.

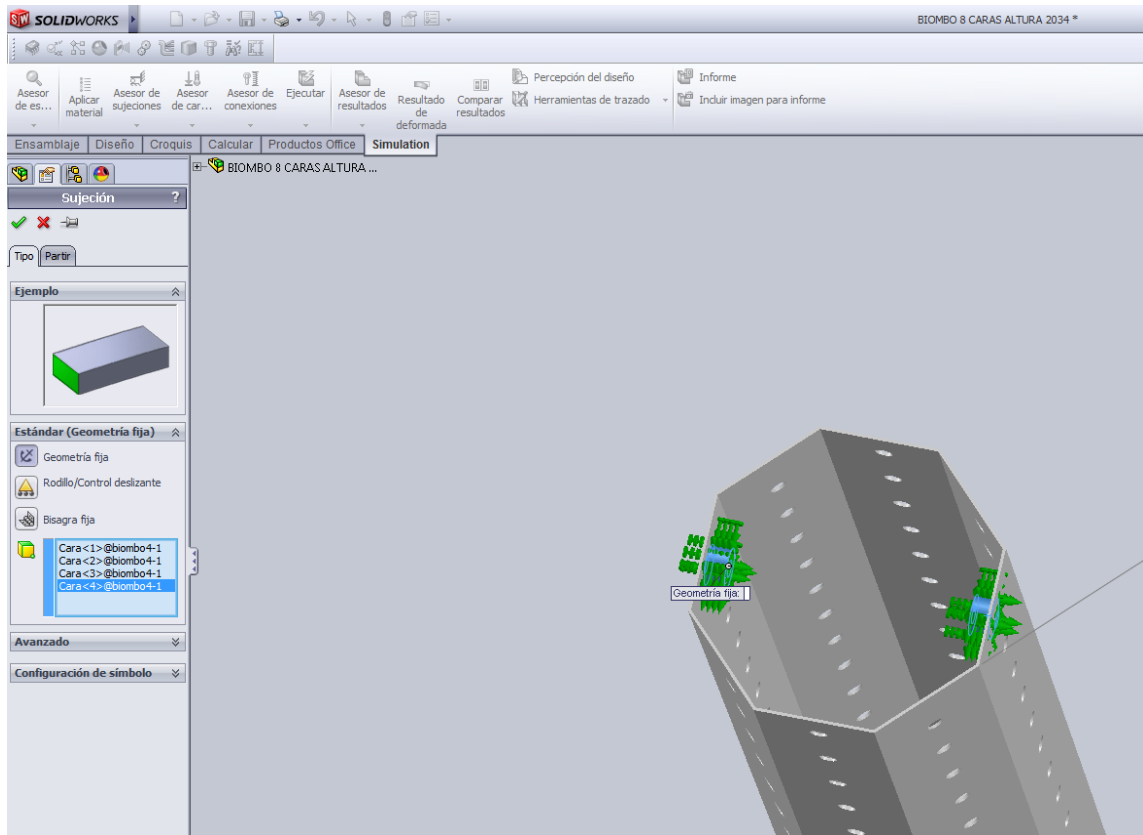


Figura 3.3 Estudio de Simulación Estática Sujeciones

Fuente: Tomado de SolidWorks Simulation

Aplicar Cargas: En este paso se procede a aplicar la carga que debe soportar el diseño, dentro del menú de cargas externas se encuentra la opción de aplicar magnitudes tales como: fuerza, torsión, presión, gravedad entre otras. Para este estudio se aplicara la fuerza como una magnitud dada en Newton

Para poder definir la fuerza ejercida sobre dicho modelo se debió calcular el peso en kilos del mismo, así como que capacidad de plantas tenía. Se definió como peso promedio de una planta adulta de lechuga Tipo romana 0,28 Kilos (Peso máximo a soportar), este se multiplico por la capacidad instalada de cada biombo en este caso 104 plantas. El peso neto de la columna en este caso (Diseño 11) 18,1 Kilos (ver Tabla 3.2) fue sumado al peso total de las lechugas dando para este diseño en específico un peso total de 29,12 Kilogramos.

Teniendo en cuenta que:

$$P = m \cdot g$$

Dónde:

P = peso, en Newton (N)

m = masa, en kilogramos (kg)

g = constante gravitacional, que es 9,8 en la Tierra (kg.m/s).

Podemos establecer que el peso en Newton ejercicio sobre el biombo es 462,4N, los pesos de las otras columnas o biombos se establece a continuación:

Tabla 3.2 Tabla de Fuerzas aplicadas

Características Diseños	ALTURA EN Mts	CARAS	MATERIAL	MASA COLUMNA Kg	CAPACIDAD PLANTAS	MASA PLANTAS POR COLUMNA	NEWTONS
Diseño Ref.	1,8	6	HIPS	17,5	66	18,48	352,8
Diseño 1	1,8	6	ABS	16,5	66	18,48	343,3
Diseño 2	1,8	8	ABS	15,7	88	24,64	395,3
Diseño 3	2,2	6	ABS	20,5	78	21,84	414,8
Diseño 4	2,2	8	ABS	19,4	104	29,12	475,1
Diseño 5	1,8	8	HIPS	16,6	88	24,64	404,3
Diseño 6	2,2	6	HIPS	21,7	78	21,84	426,6
Diseño 7	2,2	8	HIPS	20,5	104	29,12	486,2
Diseño 8	1,8	6	PET	15,4	66	18,48	332,5
Diseño 9	1,8	8	PET	14,7	88	24,64	385,0
Diseño 10	2,2	6	PET	19,1	78	21,84	401,4
Diseño 11	2,2	8	PET	18,1	104	29,12	462,4

Fuente: Elaboración propia

En este paso se procede a seleccionar la cara sobre la que se ejercerá la fuerza en Newton (462,4) antes determinada, esta se ve sombreada de azul en la figura 3.4, de igual manera se define la dirección de la misma y si este se ejerce al elemento seleccionado o a toda la figura.

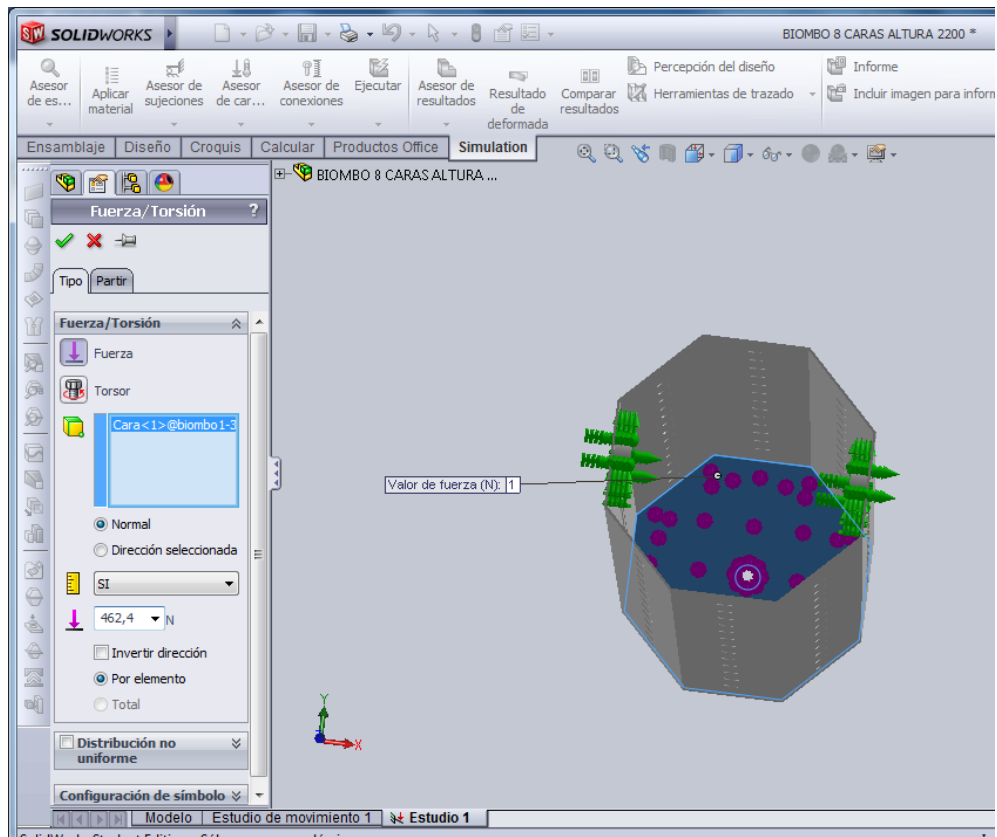


Figura 3.4 Estudio de Simulación aplicación de cargas.
Fuente: Tomado de SolidWorks Simulation

- **Crear Mallado:** A continuación se procede a generar el mallado para el análisis de la figura en la totalidad de los estudios realizados se utilizó la opción de mallado estándar el cual genera un nodo cada 54.9 milímetros, esto con el fin de asegurar que la información a analizar se encontrara bajo los mismos rangos de evaluación. Este mallado corresponde a un mallado medio, Este puede variar desde un mallado grueso que se utiliza para figuras planas que no necesitan ningún tipo de detalle, hasta Mallado fino el cual es utilizado para figuras con forma compleja y puntos críticos a evaluar los cuales exigen un mayor detalle de estudio.(Figuras 3.5 y 3.6)

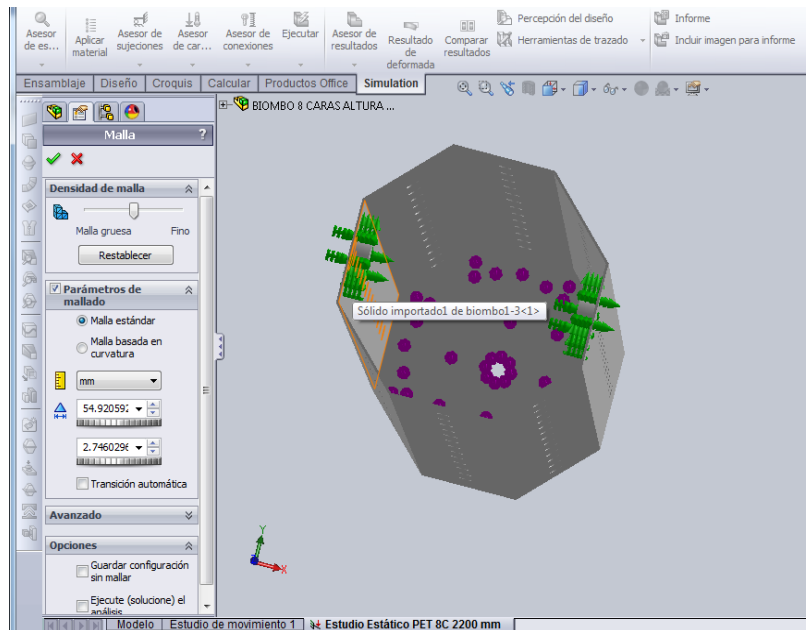


Figura 3.5 Generación del mallado estándar

Fuente: Tomado de SolidWorks Simulation

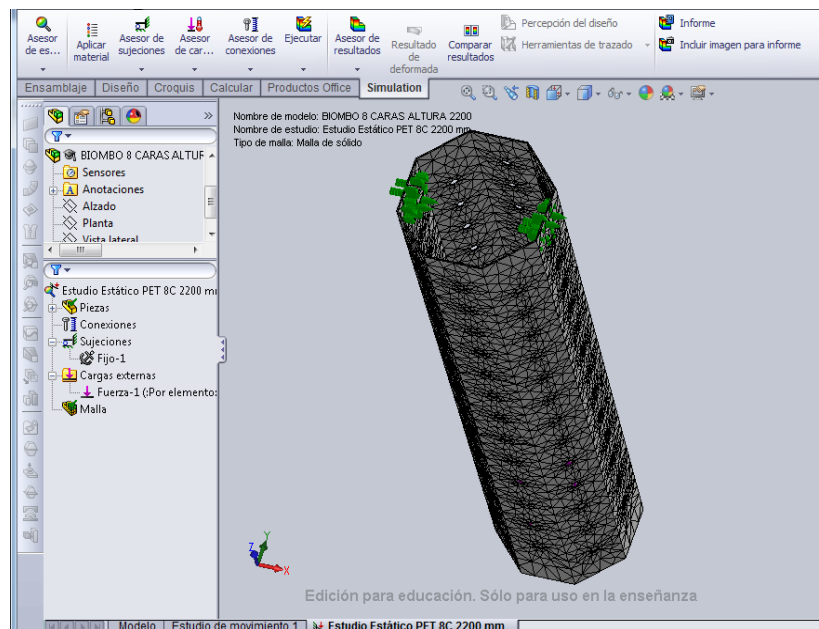


Figura 3.6 Mallado estándar

Fuente: Tomado de SolidWorks Simulation

- Ejecutar resultados: a continuación y luego de haber definido cada uno de los parámetros anteriores se procede a realizar la simulación del estudio este luego arrojará en el caso del estudio de estática tres gráficos con las tensiones, los desplazamientos y las deformaciones que ha sufrido la figura.

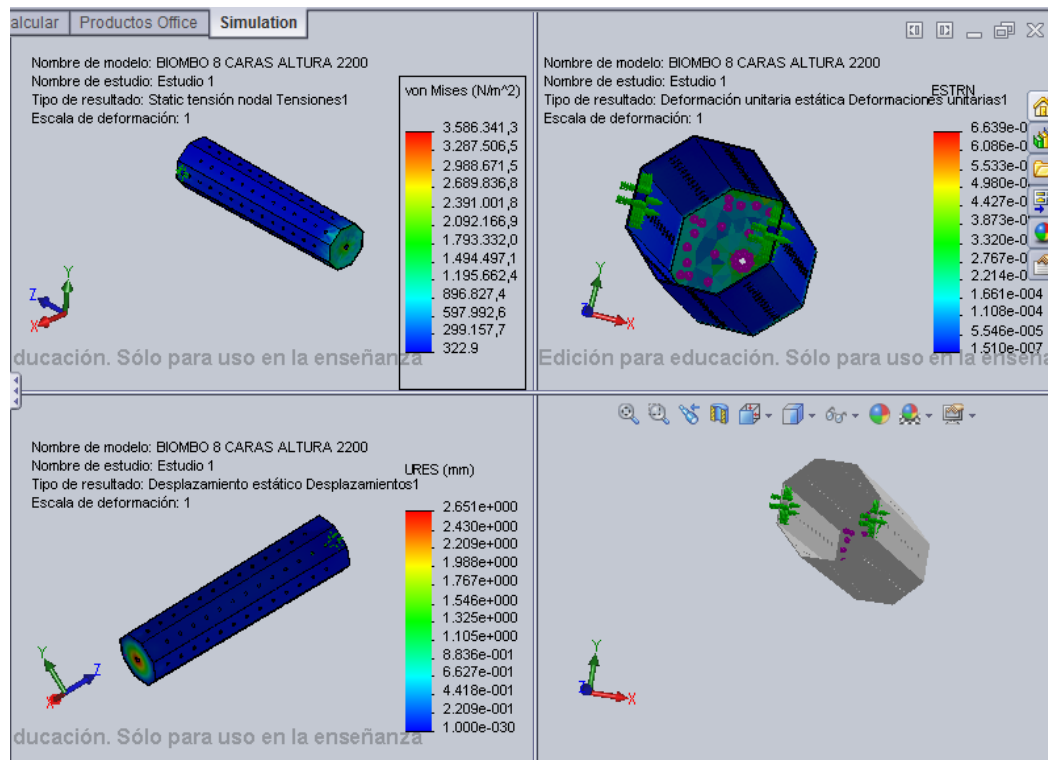


Figura 3.7 Estudio de Simulación resultados.

Fuente: Tomado de SolidWorks Simulation

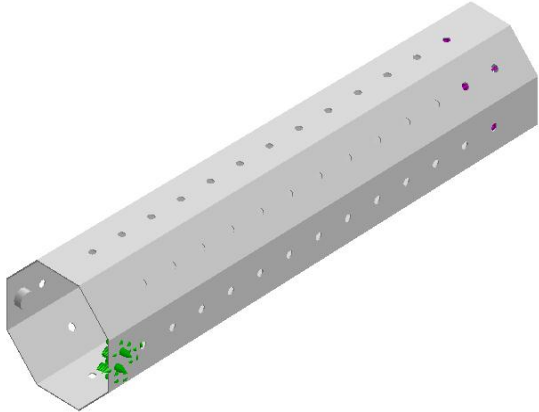
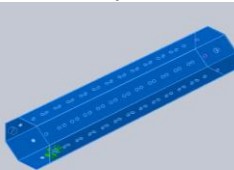
Este grafico muestra los tres índices de desplazamiento que genera el análisis estático.

- El índice de Von Mises (Superior Izquierdo) muestra el límite de tensión el cual soporta el modelo, los colores fríos (Escala de Azules) reflejan que en esas partes el modelo no está sometido a tensiones, los colores cálidos (Escalas de amarillos y rojos) reportan algún tipo de tensión. El límite de tensión máxima para este diseño es de 192044 N/m² el cual se encuentra ubicado en el nodo 42421.(Ver informe de estudio estático)

- Desplazamiento Estático (Inferior Derecha) corresponde al desplazamiento máximo en milímetros que puede soportar el diseño maneja la misma escala de colores fríos a cálidos y en este caso el desplazamiento máximo se presenta en el nodo 44414 y corresponde a 0,037 mm.
- Deformaciones Unitarias (Superior Derecho) este índice corresponde a la deformación sufrida en cada uno de los nodos, se presenta mediante el índice ESTERN el cual realiza una sumatoria de las deformaciones sufridas en cada uno de los ejes y establece un índice de deformación por nodo que para este caso es de 0,0000622 y se encuentra en el nodo 9782 siendo esta la deformación máxima sufrida en el modelo.
- Generar Informe: A continuación se procede generar un informe en Word el cual arroja resultados numéricos y gráficos del comportamiento del material según los tres parámetros descritos anteriormente, en este se soporta cada uno de los índices que se describieron anteriormente.

	<h2 style="text-align: center;">Análisis Estático Diseño No 11</h2> <p>Fecha: lunes, 04 de marzo de 2013 Diseñador: SolidWorks Nombre de estudio: Estudio Estático PET 8C 2200 mm Tipo de análisis: Estático</p>
<p>Descripción</p> <p>Estudio de Análisis Estático realizado al modelo de 8 caras altura 2200 mm y Plástico PET</p>	

Información de modelo

<div style="text-align: center;">  <p>Nombre del modelo: BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2200 Configuración actual: Predeterminado</p> </div>		
Sólidos		
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas
<p>Sólido importado1</p> 	<p>Sólido</p>	<p>Masa:26.8899 kg Volumen:0.0189365 m³ Densidad:1420 kg/m³ Peso:263.521 N</p>

Propiedades del estudio

Nombre de estudio	Estudio Estático PET 8C 2200 mm
Tipo de análisis	Estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SolidWorks Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automática
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades del Mallado

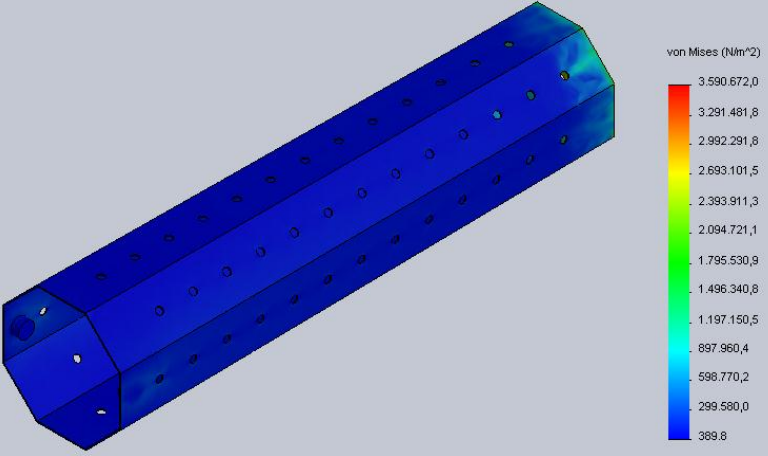
Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	54.9206 mm
Tolerancia	2.74603 mm

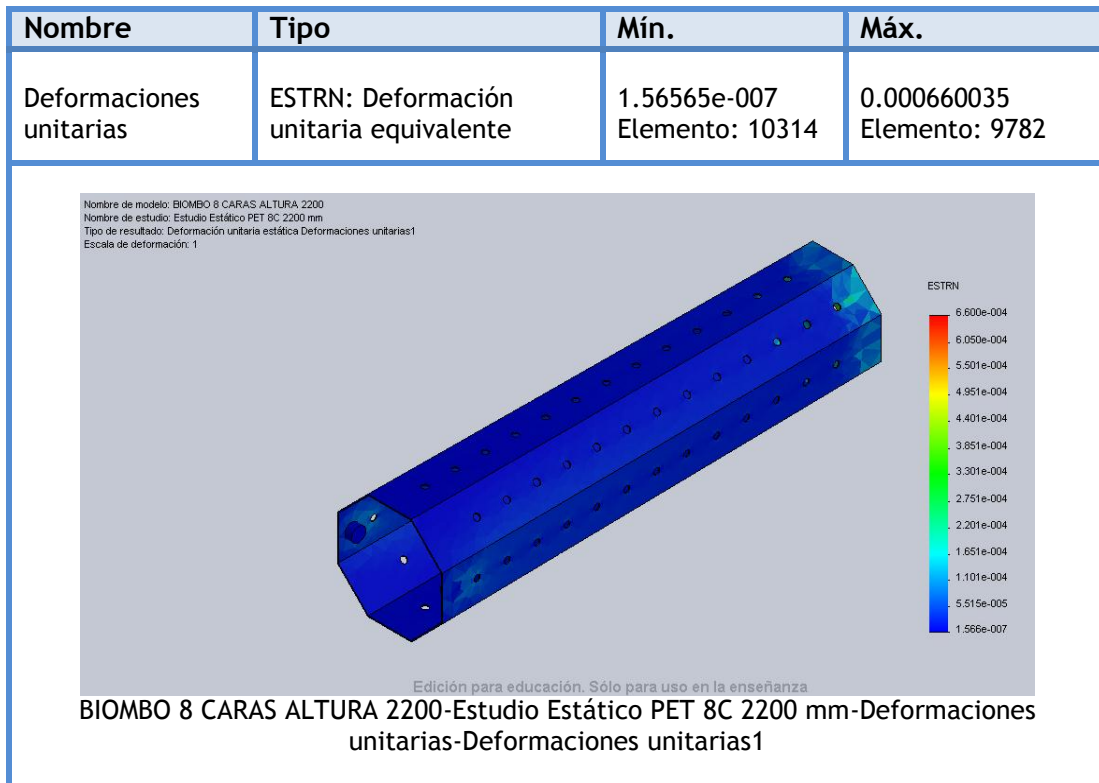
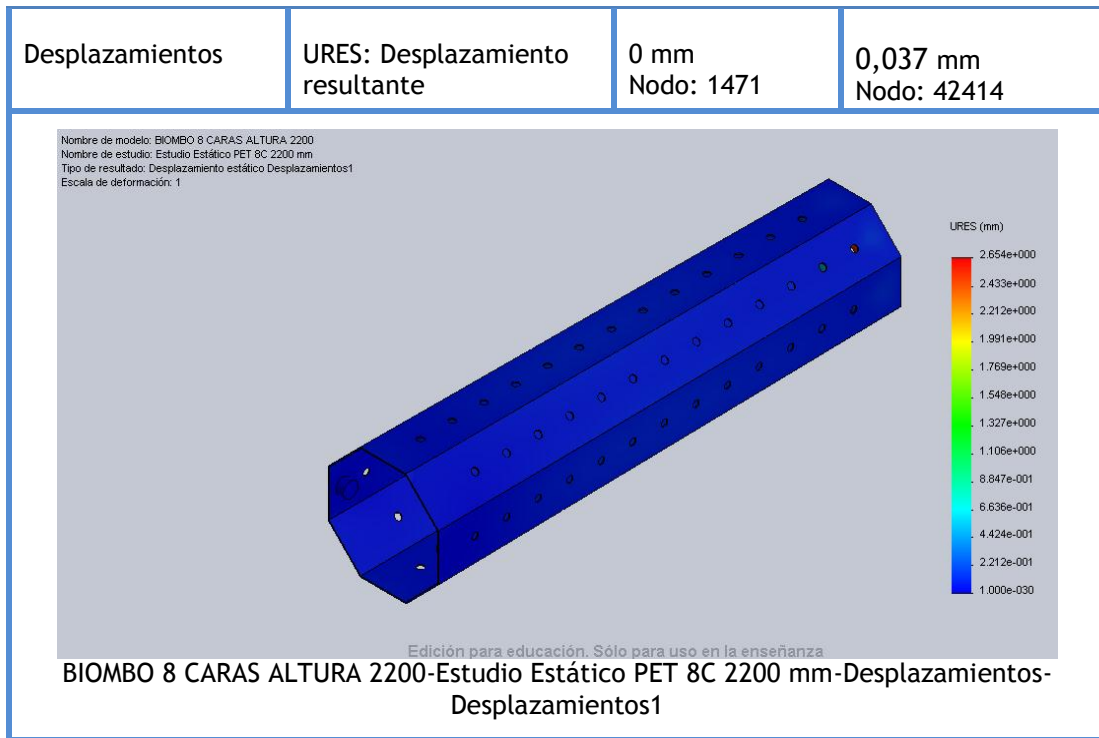
Información de malla

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	44369
Número total de elementos	21045
Cociente máximo de aspecto	34.317
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	0.223
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	10.3
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:38
Nombre de computadora:	GLADYS-PC

Resultados del estudio

		Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones	VON: Tensión de von Mises		389.812 N/m ² Nodo: 32978	1.92044+006 N/m ² Nodo: 42421
<p>Nombre de modelo: BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2200 Nombre de estudio: Estudio Estático PET 8C 2200 mm Tipo de resultado: Static tensión nodal Tensiones1 Escala de deformación: 1</p>  <p>von Mises (N/m²)</p> <p>3.590.672,0 3.291.481,8 2.992.291,8 2.693.101,5 2.393.911,3 2.094.721,1 1.795.530,9 1.496.340,8 1.197.150,5 897.960,4 598.770,2 299.580,0 389,8</p> <p>Edición para educación. Sólo para uso en la enseñanza</p> <p>BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2200-Estudio Estático PET 8C 2200 mm-Tensiones-Tensiones1</p>				



3.5 ANÁLISIS DE DATOS Y RESULTADOS

A continuación se presentan las tablas consolidadas por estudio con los resultados de cada uno de los 12 diseños, los ítems a evaluar en las mismas se basan principalmente en el desplazamiento y deformación que sufrió cada uno de los modelos.

3.5.1 PARAMETRIZACIÓN SOLVER

El método solver por iteraciones que utiliza SolidWorks Simulation, responde al nombre del FFEPlus, este resuelve las ecuaciones planteadas por medio de técnicas de aproximación, según la cual en cada iteración se resuelve la ecuación y se evalúa los errores asociados, al alcanzar el umbral de detección de errores, se da por solucionada dicha ecuación (DASSAULT SYSTEMS, 2013).

A continuación se presentan en la figura 3.8 la configuración del Solver FFEPlus utilizada en los estudios realizados:

- Número Máximo de Iteraciones: 10.000.000
- Umbral de detección de errores: 0.0000000001
- Número promedio de iteraciones: 1900

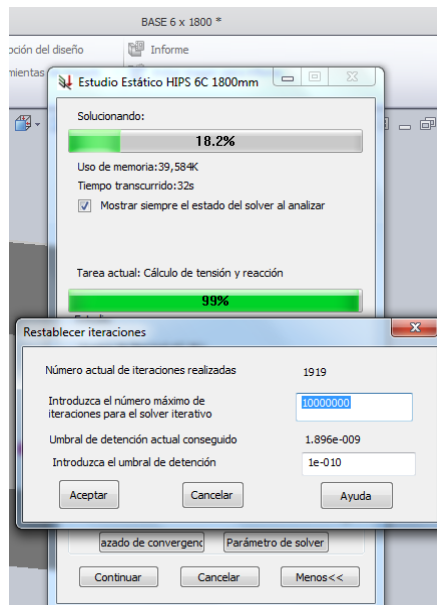


Figura 3.8 Parametrización Solver

Fuente: Tomado de SolidWorks

3.5.2 ANÁLISIS ESTUDIO ESTÁTICO

El estudio estático según lo muestra la tabla 3.3 identifica el diseño número 11 como el que cumple de mejor manera las especificaciones, puesto que es este el cual presenta menores desplazamientos, deformaciones y tensiones en general.

En la Tabla 3.3 es posible observar que tanto el índice de tensión máximo 192.044 N/m^2 como el mínimo $190,46 \text{ N/m}^2$ son los índices que presentan las tensiones más bajas de todos los diseños. El desplazamiento máximo presentado es de $0,0327 \text{ mm}$ el cual de nuevo se encuentra en el diseño No 11 así como el Índice de Deformación es de tan solo $0,0000622$.

Tabla 3.3 Tabla de Análisis Estático

Fuente: Elaboración propia

3.5.3 ANÁLISIS ESTUDIO DE PANDEO

Al analizar la tabla 3.4 con el consolidado de estudios de pandeo, se puede ver que el desplazamiento menor 0,184 mm del diseño 4 se da con un factor de carga crítica positivo muy alto, así como el mayor desplazamiento 72,8 mm se presenta en un numero negativo muy pequeño, teniendo en cuenta que ningún valor se encuentra dentro de los rangos críticos a evaluar (-1 y 1), se prevé que ninguno de

Análisis Estático		Fuerza Aplicada	Momentos de Reacción N-m	Tensión Von Mises N/m ²		Desplazamiento Max. en mm	ESTRN Deformación unitaria Max. equivalente
				Mín.	Max		
DISEÑOS							
Diseño Referencia	HIPS 6 1800	352,8	0	727,04	2047709,69	3,12	0,0003938
Diseño 1	ABS 6 1800	343,3	0	541,71	2285024,75	2,08	0,0004274
Diseño 2	ABS 8 1800	395,25	0	563,14	3129894,5	3,540	0,0006887
Diseño 3	ABS 6 2200	417,79	0	518,29	885404	1,262	0,0003442
Diseño 4	ABS 8 2200	462,91	0	2188,35	1272496	0,783	0,0004664
Diseño 5	HIPS 8 1800	404,28	0	534,42	2673640	4,065	0,0004126
Diseño 6	HIPS 6 2200	426,58	0	574,57	1229074	0,690	0,0001998
Diseño 7	HIPS 8 2200	485,94	0	632,49	2472265	12,536	0,0003882
Diseño 8	PET 6 1800	486,2	0	785,00	1999438,49	3,51	0,0004151
Diseño 9	PET 8 1800	384,97	0	470,15	3041434	2,451	0,0004512
Diseño 10	PET 6 2200	401,39	0	520,29	1440155	0,627	0,0001660
Diseño 11	PET 8 2200	471,50	0	190,46	192044	0,037	0,0000622

los modelos sufra algún tipo de deformación por efectos del pandeo.

Tabla 3.4 Tabla de Análisis Estudio de Pandeo.

DISEÑOS	FACTOR DE CARGA CRITICA	DESPLAZAMIENTO MÁXIMO mm
---------	-------------------------	--------------------------

Diseño Referencia	HIPS 6 1800	-38,051	27,461
Diseño 1	ABS 6 1800	-37,064	26,969
Diseño 2	ABS 8 1800	-35,260	34,172
Diseño 3	ABS 6 2200	-60,258	12,195
Diseño 4	ABS 8 2200	62,553	0,184
Diseño 5	HIPS 8 1800	29,377	32,719
Diseño 6	HIPS 6 2200	-48,049	19,261
Diseño 7	HIPS 8 2200	-53,749	18,122
Diseño 8	PET 6 1800	-50,899	18,692
Diseño 9	PET 8 1800	-51,282	34,520
Diseño 10	PET 6 2200	-126,010	72,853
Diseño 11	PET 8 2200	-47,922	32,385

Fuente: Elaboración propia

3.5.4 ANÁLISIS ESTUDIO DE FRECUENCIA

El estudio de frecuencia que se presenta en la tabla 3.5 se realizó utilizando 99 frecuencias diferentes, tanto naturales como resonantes, este número de frecuencias fue utilizado teniendo en cuenta que 99 es el número de frecuencias máximas permitidas por el software. En este estudio se encontró que el 50% del total de desplazamientos mínimos se encuentran en los diseños 10 y 11, a su vez se evidencia que el diseño referencia (Diseño Original) cuenta con un 25% de los desplazamientos mínimos, siendo este el modelo de referencia tomado para el estudio se es descartado. De acuerdo a lo anterior se puede establecer que tanto el Diseño 10 como el 11 cumplen con las características de menor desplazamiento en comparación con los diseños restantes.

Tabla 3.5 Tabla de Análisis Estudio de Frecuencias

	Diseño Ref.	Diseño 1	Diseño 2	Diseño 3	Diseño 4	Diseño 5	Diseño 6	Diseño 7	Diseño 8	Diseño 9	Diseño 10	Diseño 11
Análisis de Frecuencia	HIPS 6C 1800	ABS 6C 1800	ABS 8C 1800	ABS 6C 2200	ABS 8C 2200	HIPS 8C 1800	HIPS 6C 2200	HIPS 8C 2200	PET 6C 1800	PET 8C 1800	PET 6C 2200	PET 8C 2200
Desp. 1	346,31	408,60	427,18	380,45	381,41	396,47	416,91	371,00	381,52	362,99	322,76	331,64
Desp. 2	245,27	286,52	392,57	314,19	323,35	322,99	425,20	344,26	366,15	330,53	248,58	278,13
Desp. 3	377,73	443,99	535,00	501,03	467,23	467,83	541,62	482,04	481,14	460,00	395,81	391,84
Desp. 4	372,42	438,67	459,81	428,73	412,15	424,82	437,71	403,88	412,97	384,90	358,38	360,06
Desp. 5	477,07	553,79	692,04	432,30	519,52	526,74	592,06	445,93	618,00	585,14	370,56	576,30
Desp. 6	432,42	511,26	552,10	567,65	495,20	446,63	483,79	536,39	441,44	466,08	460,46	453,35
Desp. 7	372,53	438,54	519,32	420,81	446,65	474,80	485,16	502,37	475,14	436,75	369,57	416,34
Desp. 8	539,97	640,54	488,78	575,36	520,82	499,34	486,73	545,42	466,80	421,08	490,12	407,71
Desp. 9	758,53	928,23	1099,59	552,46	778,54	697,49	977,53	535,09	906,35	963,47	494,45	773,82
Desp. 10	731,79	897,95	1320,00	667,66	875,00	766,75	1212,48	578,78	636,22	1155,63	543,92	524,18

Desp. 11	628,91	702,55	769,57	662,33	658,41	778,58	745,82	524,38	755,66	638,32	475,26	743,08
Desp. 12	610,28	961,17	492,15	659,27	592,97	599,11	471,81	604,68	440,92	403,82	534,47	388,57
Desp. 13	695,07	879,14	669,87	700,00	675,03	626,74	630,35	719,56	678,05	586,06	568,53	607,11
Desp. 14	944,20	1045,08	834,01	675,87	734,46	611,95	693,76	586,93	642,88	735,78	482,57	566,62
Desp. 15	1200,57	1427,76	670,16	891,91	870,00	740,81	756,78	780,08	586,40	632,00	729,96	419,18
Desp. 16	551,29	653,82	704,34	703,67	639,92	686,12	630,68	690,25	593,01	583,27	555,86	557,89
Desp. 17	699,96	878,18	2429,08	722,96	1045,00	647,13	679,56	579,78	834,92	2144,49	623,83	706,00
Desp. 18	538,43	652,56	749,22	885,97	740,25	886,64	730,82	834,84	845,85	641,02	742,78	607,47
Desp. 19	722,38	905,66	739,85	750,55	710,97	697,39	751,21	643,09	1172,97	603,41	585,15	637,18
Desp. 20	689,81	812,40	856,63	887,46	814,51	908,97	893,30	855,42	818,73	709,51	717,1	660,32
Desp. 21	638,79	766,64	936,77	745,03	796,12	786,85	973,80	904,58	1261,14	742,13	670,45	485,91
Desp. 22	740,42	858,42	927,11	536,35	853,41	1556,65	831,79	713,25	561,29	896,22	620,51	579,99
Desp. 23	582,00	673,28	663,92	753,92	676,14	723,30	831,95	598,11	1733,28	740,35	518,42	688,32
Desp. 24	909,04	887,30	854,44	811,72	758,06	776,81	757,68	520,06	797,67	771,81	533,68	707,56
Desp. 25	889,35	976,42	885,66	908,85	851,16	815,56	938,50	904,31	812,53	691,58	650,25	543,68
Desp. 26	462,29	641,49	673,55	729,20	762,15	819,51	1065,89	857,75	668,22	927,93	681,71	672,98
Desp. 27	607,72	634,54	1148,01	952,21	898,12	1217,11	978,60	853,93	809,91	966,34	724,62	696,72
Desp. 28	680,30	789,25	790,19	884,62	828,94	564,99	1441,71	831,52	870,29	825,77	652,12	830,15
Desp. 29	541,38	670,86	812,44	1627,79	873,01	1144,94	758,16	911,33	680,20	645,88	744,32	677,67
Desp. 30	557,95	645,01	812,28	944,52	830,21	1122,41	876,51	958,47	737,39	729,08	825,64	708,96
Desp. 31	563,91	659,78	891,88	810,05	745,13	760,55	657,65	796,04	853,02	781,99	784,29	763,05
Desp. 32	681,45	825,54	646,80	1078,27	845,57	903,16	907,14	894,22	883,14	882,81	790,72	731,63
Desp. 33	573,10	702,63	869,60	971,08	777,00	532,60	1137,12	805,25	889,18	794,11	607,51	741,97
Desp. 34	712,14	545,26	985,74	958,80	830,98	786,65	929,44	868,83	882,55	959,32	732,61	898,79
Desp. 35	641,88	736,07	1008,62	774,05	814,39	766,86	958,80	895,13	632,97	815,63	732,47	605,59
Desp. 36	682,19	850,34	1185,62	1018,50	923,62	781,06	860,25	756,34	677,20	1185,55	992,76	755,33
Desp. 37	827,05	995,51	898,74	1156,84	887,78	644,19	1092,78	823,88	842,92	709,40	841,59	736,34

Desp. 38	773,90	894,83	1014,85	932,14	935,54	1182,65	1026,27	889,59	810,08	866,84	838,76	669,03
Desp. 39	673,98	793,14	876,34	906,03	881,11	1007,43	951,97	1090,63	801,64	837,59	792,91	667,23
Desp. 40	678,97	873,95	954,54	923,22	854,77	820,41	1053,64	833,08	807,51	899,95	655,15	659,04
Desp. 41	640,46	797,45	829,43	1292,32	909,36	947,21	916,02	920,97	801,47	958,63	881,72	1198,49
Desp. 42	815,93	961,48	912,75	687,46	787,55	897,05	714,69	778,87	959,83	707,62	612,14	587,99
Desp. 43	819,96	957,33	1134,00	675,97	819,72	679,82	736,66	846,91	860,03	801,60	725,19	689,72
Desp. 44	711,84	1013,11	969,03	897,87	885,42	737,06	1100,37	875,60	783,33	935,79	728,12	1415,09
Desp. 45	1007,90	899,00	1006,00	829,14	904,99	828,69	1101,85	806,90	849,57	863,65	801,79	751,44
Desp. 46	745,84	879,73	1048,49	961,51	864,40	887,89	940,78	626,77	936,29	820,69	867,87	912,66
Desp. 47	712,44	948,42	1174,69	948,16	963,95	826,97	1253,41	851,30	849,64	1048,42	911,72	693,13
Desp. 48	554,53	621,53	835,12	927,33	808,01	964,15	939,37	886,33	775,46	697,07	846,62	733,78
Desp. 49	1045,03	1314,60	899,72	930,14	967,77	851,69	1073,00	1016,64	924,87	827,15	751,94	829,14
Desp. 50	1089,57	1320,92	1010,09	875,91	1000,54	839,75	1119,88	1144,35	725,26	890,38	714	610,48
Desp. 51	641,43	694,25	1087,84	589,19	875,63	1135,96	1043,92	986,33	948,50	845,49	856,22	868,28
Desp. 52	572,52	715,76	819,93	886,85	843,51	1142,04	1112,63	802,40	778,81	880,08	659,41	879,74
Desp. 53	666,64	728,41	1100,36	835,40	884,59	933,04	1074,42	847,03	912,29	922,44	853,59	761,00
Desp. 54	809,61	787,95	898,88	1040,12	824,53	616,01	1147,76	860,42	957,33	833,07	426,93	813,90
Desp. 55	802,18	901,57	914,71	905,87	878,65	978,48	862,21	811,08	1298,74	820,19	911,58	927,24
Desp. 56	629,70	661,27	1137,00	728,92	861,34	956,14	1048,69	924,82	916,63	863,81	801,71	802,17
Desp. 57	992,38	1163,18	1037,13	943,89	1006,35	933,29	1086,53	1046,70	771,82	958,10	895,96	779,86
Desp. 58	675,29	835,72	1031,91	954,20	859,86	761,47	1049,79	924,93	996,61	785,60	719,81	961,81
Desp. 59	1136,90	1391,94	1146,00	867,78	962,57	1006,81	1152,51	490,18	1020,32	842,69	628,33	956,77
Desp. 60	854,89	1006,84	1156,45	1028,63	980,39	981,85	1183,33	739,63	878,09	813,78	1058,09	751,87
Desp. 61	795,97	889,09	1478,86	940,30	1012,69	1087,57	1202,23	964,20	989,60	928,80	827,15	803,07
Desp. 62	694,22	803,26	1078,82	920,97	1018,79	1349,24	1243,27	1181,46	926,34	1115,91	781,95	853,85
Desp. 63	757,82	751,41	791,03	931,62	882,10	869,16	1249,81	918,26	967,95	863,11	806,64	785,58
Desp. 64	970,27	1153,15	1320,53	825,08	927,08	888,84	805,94	927,12	968,18	667,78	785,03	731,88

Desp. 65	745,42	671,30	1466,84	943,51	976,68	1343,30	961,81	881,01	664,28	959,96	816,97	728,30
Desp. 66	773,43	1185,70	1041,07	915,68	957,31	757,55	1159,34	858,68	908,64	1041,65	882,66	891,99
Desp. 67	646,43	883,01	970,21	738,43	880,66	859,01	936,35	1125,39	988,89	927,63	839,44	734,16
Desp. 68	1147,49	1208,94	1028,92	673,93	1000,64	942,76	1168,82	1192,42	831,09	745,37	897,15	843,76
Desp. 69	867,47	1059,10	1309,72	899,83	1029,70	880,48	1212,55	1073,97	968,60	1124,15	840,04	863,26
Desp. 70	935,58	1178,24	1106,17	1011,74	1012,08	1146,93	1419,67	963,55	924,37	833,05	513,81	872,23
Desp. 71	847,21	1157,08	1194,99	1385,22	1001,61	789,19	944,98	920,91	1036,80	1093,85	681,07	776,34
Desp. 72	797,27	953,02	1434,80	913,58	960,83	1024,51	1363,80	647,74	951,41	968,55	544,23	828,32
Desp. 73	801,45	950,39	1229,03	741,74	960,91	794,34	1153,23	626,86	1093,11	1268,08	1083,09	890,40
Desp. 74	742,79	1102,35	1165,85	850,11	959,55	821,49	1325,69	750,91	974,98	1140,42	736,33	833,90
Desp. 75	1054,32	1058,38	1129,35	730,87	949,31	1041,86	1098,30	936,44	942,51	964,23	530,04	806,43
Desp. 76	1170,43	1338,48	1154,16	1175,69	1077,93	871,33	1222,68	807,34	928,17	1202,09	759,16	772,46
Desp. 77	1353,01	1461,45	1265,21	952,80	1125,20	806,46	1111,60	984,03	942,22	1096,90	1095,33	873,21
Desp. 78	1196,00	1521,06	1151,48	798,30	1132,56	926,60	1521,39	1396,19	676,57	830,49	851,49	1026,50
Desp. 79	771,51	906,78	1017,81	1265,76	931,47	932,32	1155,87	753,05	857,58	946,78	633,32	819,14
Desp. 80	698,85	701,04	1147,10	928,26	984,58	1248,21	1171,79	915,12	996,12	1399,83	651,01	795,27
Desp. 81	1162,74	1312,35	1106,59	873,11	1019,78	1139,90	1010,57	993,03	999,63	904,10	675,66	970,07
Desp. 82	863,55	1029,06	998,37	643,10	1011,49	719,78	1516,40	1163,26	962,44	1151,17	1018,75	819,27
Desp. 83	914,79	1139,81	1100,56	802,67	973,83	1010,63	1174,27	683,26	934,58	1104,70	833,76	1022,21
Desp. 84	1024,06	1110,32	1385,58	1018,44	1065,78	827,25	1194,17	1319,27	1038,58	1124,69	588,21	936,81
Desp. 85	1122,26	1272,13	1265,69	917,11	955,70	649,46	734,09	799,21	901,59	1077,55	763,8	803,99
Desp. 86	837,26	699,24	942,27	938,85	886,15	726,91	981,39	754,32	1032,99	1549,48	545,59	921,31
Desp. 87	708,67	1082,61	1218,65	1007,21	1064,41	1069,81	1476,92	715,22	912,67	1321,75	978,85	786,61
Desp. 88	718,96	1141,59	993,22	1265,53	1058,85	1110,71	1655,45	794,49	949,05	901,31	948,37	857,78
Desp. 89	1207,49	1198,73	1094,14	1078,62	989,22	840,01	1032,16	704,83	926,66	823,42	923,56	856,20
Desp. 90	1118,11	1077,58	1260,13	876,90	1025,44	887,89	1255,36	800,80	1008,04	1063,94	888,27	863,62
Desp. 91	860,23	933,89	1011,67	1017,01	983,48	844,85	1220,43	1064,41	1240,79	1277,83	621,04	853,72

Desp. 92	891,40	1138,78	1121,02	816,41	1047,03	803,99	1275,92	973,25	1005,97	1140,78	1261,71	822,09
Desp. 93	945,59	1263,76	933,74	1094,35	1017,47	895,78	1533,21	815,94	1058,22	836,24	838,66	1014,95
Desp. 94	693,13	912,22	1155,54	1077,97	1058,79	836,02	1134,86	799,63	1011,95	1859,91	1059,82	703,86
Desp. 95	957,62	1259,81	1391,44	1045,81	1001,30	986,76	840,33	1055,17	1092,02	733,62	741,13	860,40
Desp. 96	662,04	785,90	1244,17	1044,37	952,96	932,65	1243,23	1103,97	1120,72	874,06	686,27	581,32
Desp. 97	844,17	973,96	1206,29	1044,37	958,82	928,45	669,61	909,70	987,22	978,80	1074,02	811,65
Desp. 98	747,87	754,24	1237,46	1313,76	997,71	883,46	1465,65	879,55	974,17	958,41	738,97	761,72
Desp. 99	576,08	969,17	1446,11	884,11	959,32	1021,12	1135,87	729,53	1105,97	1093,45	778,46	916,00

Fuente: Elaboración propia

3.5.4.1 PRUEBA DE HIPÓTESIS DE MEDIAS

Una prueba de hipótesis es un procedimiento basado en evidencia muestral (Estadístico) y en la teoría de la probabilidad (distribución muestral del estadístico) para determinar si una prueba es razonable y no debe rechazarse y si no es razonable y debe rechazarse. La prueba de hipótesis de medias de dos muestras o más se utiliza para determinar si las medias de las muestra son estadísticamente iguales o no. (Valencia & Araujo, 2008)

Para evaluar los datos obtenidos del estudio de frecuencia que se realizó en SolidWorks sobre cada uno de los diseños de las columnas en donde se obtuvieron los desplazamientos máximos de estas al estar sometidas a diferentes frecuencias es necesario realizar una prueba de hipótesis de medias. Prueba que ayudara a determinar la columna que obtuvo el mejor comportamiento o desempeño en dicho análisis y que servirá de referencia para seleccionar el diseño con mejores características.

Actualmente existen múltiples software que permiten realizar diferentes estudios y análisis estadísticos, para realizar la prueba de hipótesis de medias del resultado del estudio de frecuencia se utilizó Minitab, el cual ejecuta diferentes funciones estadísticas básicas y avanzadas, una de las principales ventajas de este software es que combina características principales de Excel.

Una vez ingresados los resultados de los desplazamientos en el programa en la barra superior del Software hay un asistente de pruebas de hipótesis el cual es muy útil a la hora de guiar al usuario en la ejecución de esta prueba. En la primera interfaz el programa pregunta cuál es el objetivo, comparar una muestra con un objetivo, comparar dos muestras entre sí o comparar más de dos muestras, estas son las tres opciones del programa, como previamente se ingresaron los datos de las 12 columnas, el análisis se hizo comparando todas las muestras.

La segunda interfaz pregunta qué tipo de datos son los de la muestra y que se desea comparar, en este caso se seleccionó la opción de datos continuos y la comparación de más de dos medias, selección que corresponde a la prueba de hipótesis de medias.

Y en la tercera interfaz del asistente (Figura 3.9) es donde se van a ingresar los parámetros de la prueba. Los datos de muestra se escriben de acuerdo a la ubicación de las muestras en las columnas, en este caso las columnas descritas corresponden a los siguientes diseños

Tabla 3.6 Columna de datos en Y para prueba de hipótesis de medias en Minitab

REF	Descripción	Designación Minitab
Diseño Referencia	HIPS 6C 1800	C1
Diseño 1	ABS 6C 1800	C2
Diseño 2	ABS 8C 1800	C3
Diseño 3	ABS 6C 2200	C4
Diseño 4	ABS 8C 2200	C5
Diseño 5	HIPS 8C 1800	C6
Diseño 6	HIPS 6C 2200	C7
Diseño 7	HIPS 8C 2200	C8
Diseño 8	PET 6C 1800	C9
Diseño 9	PET 8C 1800	C10
Diseño 10	PET 6C 2200	C11
Diseño 11	PET 8C 2200	C12

Elaboración: Fuente propia

En la sección de configuración de la prueba donde se pide insertar el nivel de significancia α , se seleccionó un nivel de 0.01 a sabiendas de que cuando menor sea un nivel de significancia, más fuerte se debe la evidencia de que un hecho no se debe a una coincidencia.

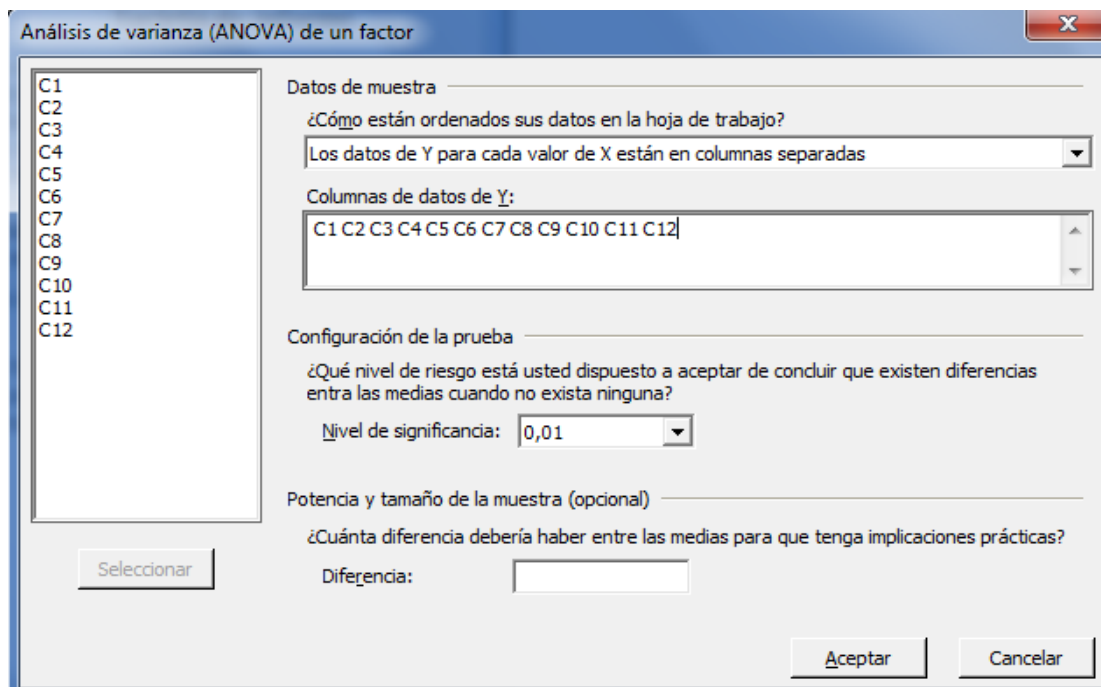


Figura 3.9 Ingreso evaluación de muestras y parámetros de prueba de hipótesis

Fuente: Tomado de Minitab 16

Los resultados fueron los siguientes:

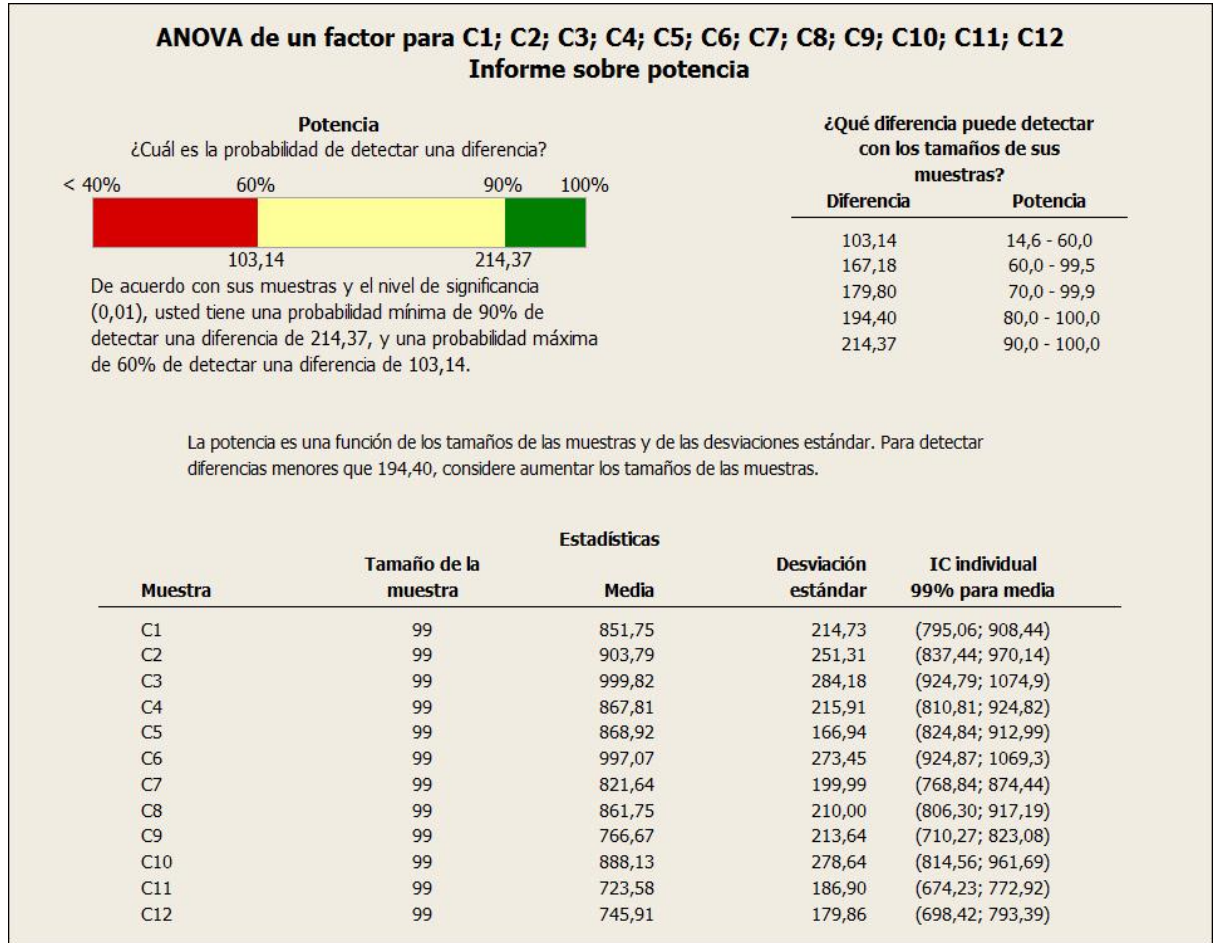


Figura 3.10. Informe sobre potencia de una prueba de hipótesis de medias

Fuente: Elaborado en Minitab 16

El informe sobre potencia arrojado en el Software nos da un resumen del comportamiento de los datos, la potencia es la probabilidad de concluir que existen diferencias entre las medias cuando realmente es así (Minitab 16) y arroja el rango de diferencia que existe entre los datos de las muestras de la prueba. Con esto se concluye que entre el 90% y 100% o 10% de los datos tienen una diferencia máxima de 214.37 mm de desplazamiento, y hay una probabilidad de 60% de identificar una diferencia de desplazamiento máximo de 103.14 mm entre los diseños evaluados.

También es posible visualizar una tabla con cada una de las muestras en que identifica el tamaño de cada muestra (99 corridas), la media, la desviación estándar y un IC individual de 99% para cada muestra.

El gráfico de dispersión de datos para cada una de las corridas y en cada uno de los diseños es posible observarlos en la siguiente figura:

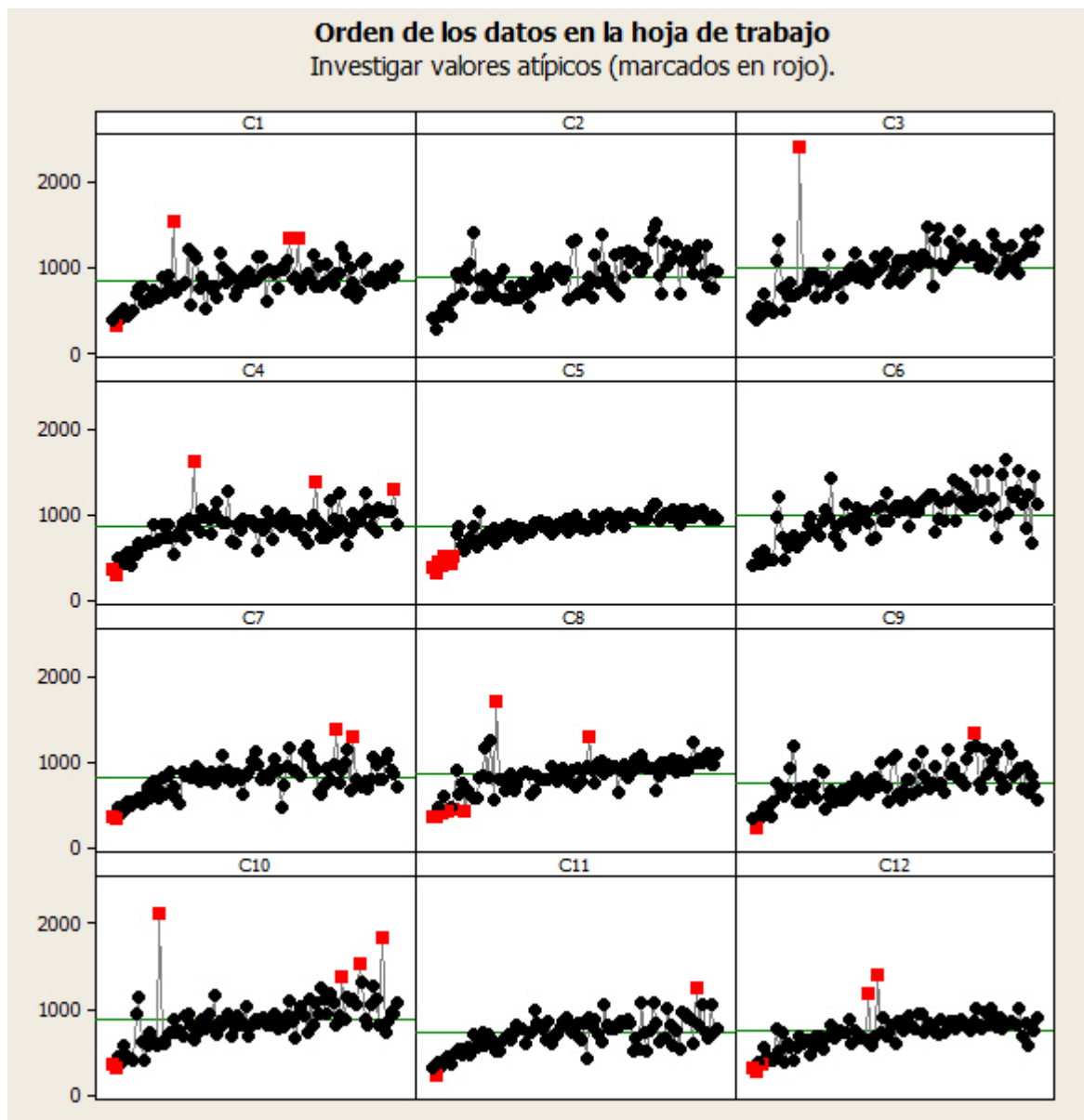


Figura 3.11. Diagrama de dispersión de desplazamientos de los diseños evaluados.
Fuente: Elaborado en Minitab 16

Los puntos en rojo son datos atípicos y que varían bastante de la media en cada una de las muestras. La media del comportamiento de desplazamiento de cada diseño, esta referenciada en color verde.

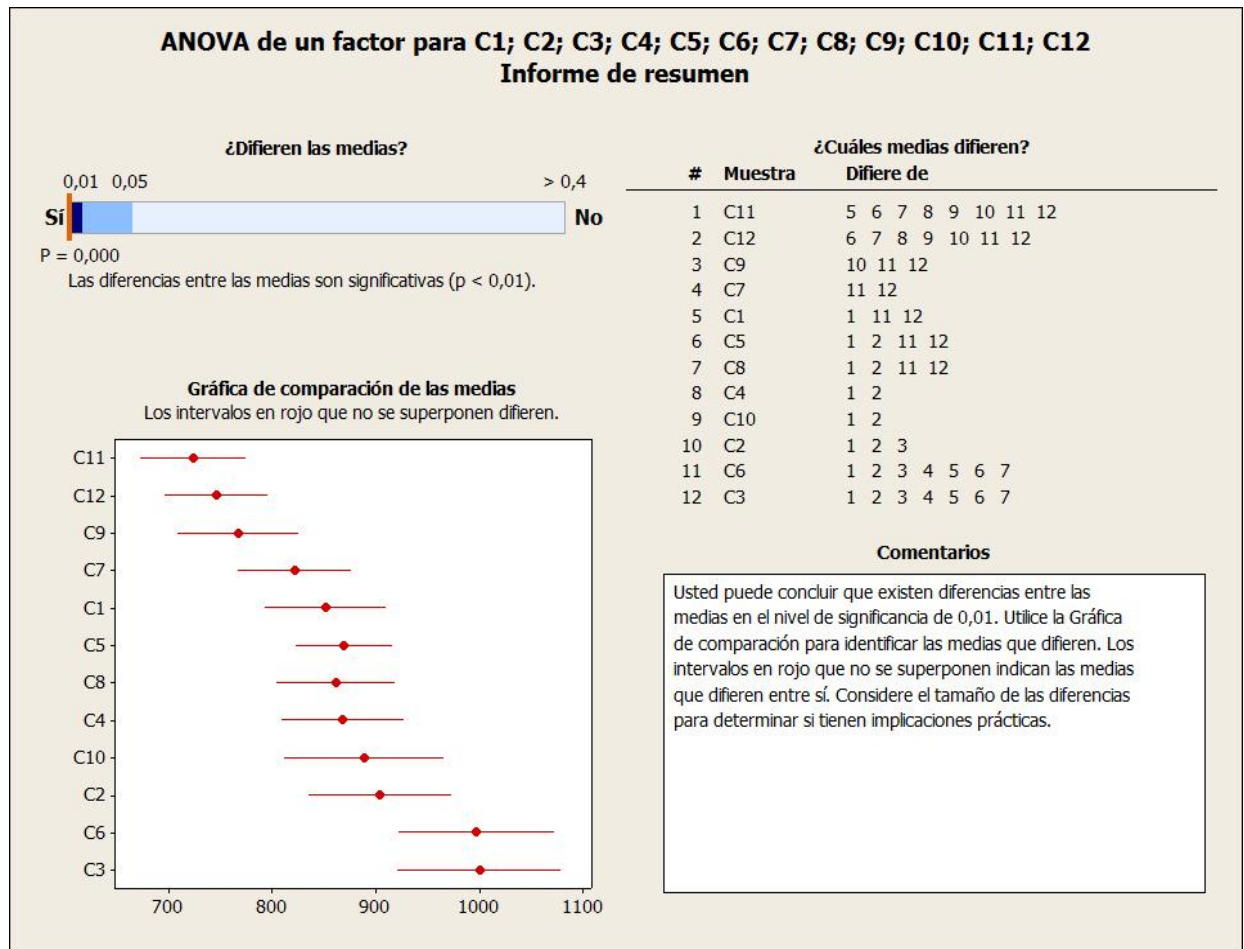


Figura 3.12. Resultado prueba de hipótesis de medias en Minitab

Fuente: Elaborado en Minitab 16

Los resultados de la prueba de hipótesis de medias con un $P < 0.001$, muestra que las diferencias entre las medias de los desplazamientos de las columnas es significativo, lo que confirma el comportamiento mecánico de cada diseño-columna, sometidos a las mismas frecuencias, es considerable y determinan resistencia y características diferenciadoras entre sí. Mas sin embargo la gráfica de comparación de medias muestra intervalos en rojo de los desplazamientos ingresados que se interceptan, por lo que se supone que no difieren o comparten características similares. Es importante destacar que en la prueba de comparación de medias los intervalos correspondientes a los diseños C11, C12 y el diseño de

referencia C1 no se interceptan por lo cual presentan diferencias significativas. En la siguiente tabla se realizó un agrupamiento de tres niveles, teniendo como principal consideración, los que compartían un intervalo de media aproximado:

Tabla 3.7 Análisis de intervalos de medias que no difieren entre sí

DISEÑO EN MINITAB	REF. DISEÑO PROYECTO	MEDIA ESTIMADA	INTERVALO		ANÁLISIS
			Rango Inf.	Rango Sup.	
C11	PET 6C 2200	723,6	672,34	774,3	Entre estos diseños es posible observar que tanto el material como la altura de la columna son factores que determinan el buen comportamiento de los diseños sometidos a las diferentes frecuencias. Como se determino en el Cap. 2 efectivamente de los materiales seleccionados, el PET posee un alto grado de resistencia a la tensión y un alto grado de elasticidad, combinado con una altura de 2200 mm, lo hace un diseño muy viable. Tres de los diseños comparados en este rango comparten esta característica.
C12	PET 8C 2200	745,9	696,37	795,44	
C9	PET 6C 1800	766,7	708,61	824,73	
C7	HIPS 6C 2200	821,6	767,13	873,13	Estos diseños presentan un comportamiento medio, en relación a los otros, con medias que varían entre sí, máximo en 52mm de desplazamiento. Estos diseños tienen como principal característica el material: HIPS y ABS, tanto la altura como el numero de caras de modelo no corresponden a un factor diferenciador de su comportamiento en este rango.
C1	HIPS 6C 1800	851,7	793,39	910,09	
C5	ABS 8C 2200	868,9	822,36	915,47	
C8	HIPS 8C 2200	861,7	804,64	918,84	
C4	ABS 6C 2200	867,8	809,14	926,48	
C10	PET 8C 1800	888,1	811,36	964,88	
C2	ABS 6C 1800	903,8	835,21	972,37	La altura de la columna en 1800mm combinado en termoplásticos como el HIPS y ABS, hace que el material tenga unos altos desplazamientos y bajas propiedades mecánicas en comparación a los anteriores diseños lo que hace de estos poco viables para su futura implementación en el sistema aeropónico.
C6	HIPS 8C 1800	997,1	921,89	1072,24	
C3	ABS 8C 1800	999,8	921,36	1078,28	

Fuente: Elaboración propia

Los diseños que tuvieron menor media, o sea, menor desplazamiento a las frecuencias sometidas, son las designaciones en Minitab C11, C12 y C9 respectivamente, correspondiente a los siguientes diseños:

Diseño 10	PET 6C 2200	C11
Diseño 11	PET 8C 2200	C12
Diseño 9	PET 6C 1800	C9

El resultado de esta prueba nos brinda garantía suficiente de que todos los diseños evaluados son totalmente diferentes y aunque sus características de diseño son similares, las características mecánicas son independientes y no se relacionan, ya que el comportamiento de las columnas tuvo variación en la ejecución del análisis de frecuencia, o sea, unos presentan mayor resistencia y/o mejor comportamiento mecánico al estar sometidos a diferentes frecuencias. La altura y el número de caras de las columnas que tuvieron el mejor comportamiento son claves a la hora de identificar el diseño para mejorar la capacidad del sistema. Los tres primeros diseños comparten el mismo material, mas sin embargo como uno de los principales objetivos es aumentar la capacidad del modelo base el diseño seleccionado es el número 11, la columna PET de 8C con 2200 mm de altura, esta tiene una media en desplazamiento de 745mm, 22mm mas que la columna con el mejor comportamiento en la prueba (PET 6C 2200) y 21mm menos que el tercero (PET 6C 1800). En relación con la capacidad entre una columna de 6 y 8 caras y 2200mm de altura, estas producen 84 y 112 plantas respectivamente, correspondiente a un 25% de mayor capacidad, factor que prima sobre las diferencias entre desplazamientos entre estos tres diseños, diferencias que son mínimas, por lo tanto el diseño seleccionado es el Numero 11 como anteriormente se menciona.

3.5.5 ANÁLISIS DEL MODELO SELECCIONADO

Al culminar los tres estudios propuestos al inicio de este capítulo (Estático, Pandeo y Frecuencia, así como la prueba de hipótesis de medias realizado a este último) se pudo determinar qué:

- Estudio Estático: El diseño que presento menores desplazamientos (0,037 mm), deformaciones (0,0000622) y que se encuentra expuesto a menores tensiones (Tensión Max: 192044 N/m^2) fue el diseño numero 11 el cual se

encuentra compuesto por una Columna de 8 caras en Plástico PET y con una altura de 2200mm.

- Estudio de Pandeo: Al encontrarse el factor de carga crítica con valores inferiores a -1 en todos los diseños podemos establecer según la tabla 3.7 que aunque el factor de carga crítica fuera revertido a cargas positivas no se presentaría ningún tipo de pandeo en ninguno de los diseños. Es por esto que este estudio no fue tenido en cuenta al momento de seleccionar el mejor diseño.

Tabla 3.8 Factor de Seguridad Estudio de Pandeo

Valor BLF (factor de seguridad)	Estado del pandeo	Notas
$1 < \text{BLF}$	Pandeo no previsto	Las cargas aplicadas son menos que las cargas críticas calculadas. No se espera el pandeo.
$0 < \text{BLF} < 1$	Pandeo previsto	Las cargas aplicadas superan las cargas críticas calculadas. Se espera el pandeo.
$\text{BLF} = 1$	Pandeo previsto	Las cargas aplicadas son exactamente iguales a las cargas críticas calculadas. Se espera el pandeo.
$\text{BLF} = -1$	Pandeo no previsto	El pandeo se produce cuando se deshacen todas las direcciones de las cargas aplicadas. Por ejemplo, si una barra se encuentra bajo el efecto de una carga de tracción, el BLF debe ser negativo. La barra no se pandeará.
$-1 < \text{BLF} < 0$	Pandeo no previsto	Se predice el pandeo si se invierten todas las cargas.
$\text{BLF} < -1$	Pandeo no previsto	No se predice el pandeo aún si se revierten todas las cargas.

Fuente: Ayuda SolidWorks Simulation

- Estudio de Frecuencia: Este estudio arrojó que en los diseños 10 y 11 se encuentra concentrado el 50% de los desplazamientos mínimos, por tal razón se puede dar viabilidad a cualquiera de los dos diseños, este análisis fue corroborado mediante el uso del análisis de prueba de hipótesis (3.5 análisis de datos y resultados)

Teniendo en cuenta lo anterior se estableció que el diseño que cumple de mejor manera con las características técnicas establecidas en este capítulo, es el diseño No 11, esto teniendo en cuenta que presento el mejor desempeño en el estudio estático y que fue probada su viabilidad técnica en el estudio de Frecuencias.

3.5.6 LIMITACIONES DEL ESTUDIO DE SIMULACIÓN

- Restricción de Iteraciones: El software como lo muestra la figura 3.8 permite realizar un máximo de 10.000.000 de iteraciones, pero además de esto solo permite tener un Umbral de detección de errores no superior a $1 \cdot e^{-20}$.
- Restricciones Estudio de Diseño: La versión académica de Solidworks Simulation 2013 solo permite establecer 3 variables en dicho estudio (Variable Global, Simulación y Cota modelo), a su vez plantea un máximo de 4 restricciones o funciones objetivo. Adicionalmente consideramos que la simulación usando SolidWorks es más apropiada para el estudio de interacciones de ensambles de componentes mecánicos en movimiento y eso está fuera del alcance de la presente investigación y de los estudios propios de Ingeniería de Producción.
- Otra limitación importante en cuanto a la naturaleza del estudio realizado esta en la validación del modelo de simulación mediante pruebas del mejor modelo identificado y diseñado con un prototipo en el cultivo real de lechugas. Esto está fuera del alcance de la presente tesis debido a costos y tiempo necesario para realizar dicho estudio.


4. CAPITULO 4. DESARROLLO DEL PROTOTIPO

En el presente capitulo se realizó un modelo a pequeña escala de un sistema que comparte características similares al modelo seleccionado. La selección de materiales estuvo sujeta a la comercialización de los mismos. El objetivo principal de desarrollar un prototipo a pequeña escala, se basa en corroborar lo accesible y viable de implementar un modelo de agricultura no tradicional en cualquier parte, lo que impulsaría el objetivo de reducir la desaceleración del crecimiento de la agricultura en el país. Hay que tener en cuenta que en el presente prototipo no se realizará ninguna validación de materiales ni del crecimiento de plantas en el sistema.

4.1 IDENTIFICACIÓN DE MATERIALES

La siguiente tabla muestra el listado de materiales que se requirieron para el desarrollo del mismo, las especificaciones de estos estuvieron sujetas al presupuesto destinado para la realización del prototipo y a la disponibilidad comercial de los materiales.

Tabla 4.1 Identificación de materiales para el desarrollo del prototipo

DESARROLLO DE PROTOTIPO		
IDENTIFICACIÓN DE MATERIALES	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
	Tubo en PVC de 4" x 6mts	1

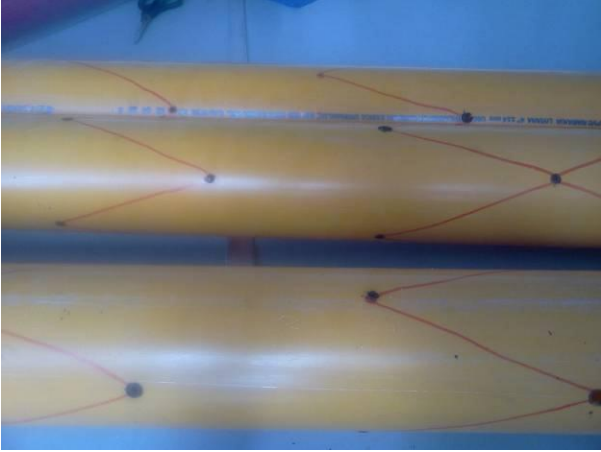
	<p>Tubo en PVC de 1/2" x 6mts</p>	<p>1</p>
	<p>Reducción en PVC de 4" a 1 1/2"</p>	<p>4</p>
	<p>Reducción en PVC de 1 1/2" a 1/2"</p>	<p>4</p>
	<p>Codos en PVC de 1/2"</p>	<p>8</p>
	<p>Unión en T de 1/2"</p>	<p>6</p>
	<p>Tubería tipo manguera PE de 1/2"</p>	<p>8 mts</p>

	<p>Contenedor de 20 litros</p>	<p>1</p>
	<p>1 Bomba de agua sumergible de Caudal: 1200 L/H, Altura de Bombeo: 2 mts. Consumo: 18 W</p>	<p>1</p>
	<p>Temporizador de 8 tiempos</p>	<p>1</p>
	<p>Nebulizador</p>	<p>4</p>
	<p>Pegante PVC</p>	<p>1</p>

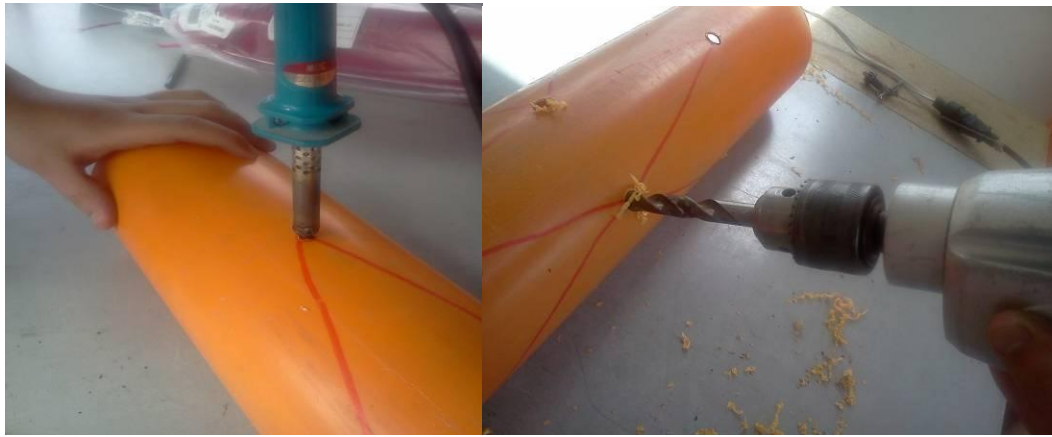
Fuente: Elaboración propia

4.2 ELABORACIÓN DEL MODULO

Tabla. 4.2 Descripción elaboración prototipo

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO
IDENTIFICACIÓN DE MATERIALES
Es necesario tener todos los materiales clasificados e identificados para iniciar el proceso de armado de la estrella de producción, la lista de materiales necesarios para el desarrollo del mismo se puede encontrar en la tabla No. 4.1
DEMARCACIÓN DE AGUJEROS
<p>Inicialmente se realizó el corte del tubo de PVC de 4" de 6 mts en 4 tramos de 2000mm. Para marcar los puntos sobre los cuales van a ir ubicadas las lechugas se identificó el diámetro del tubo de PVC (4 inch) y sobre un eje horizontal se marcó cada 15 centímetros, como se determinó en la construcción del diseño del Capítulo 2, un punto de referencia. Verticalmente y a la mitad de dos de los puntos del eje inicial se marcó un punto perpendicular a 15 cm de distancia y se tomó este de referencia para realizar los puntos restantes horizontales. Sobre el eje horizontal en un diámetro de 4 pulgadas, se pudo realizar 3 agujeros. Se repitió este procedimiento sobre toda la longitud del tubo. La distancia de los 15 cm se debe respetar ya que este es el espacio mínimo que la planta debe tener en su estado de maduración.</p>

PERFORACIÓN
Una vez se procedió a marcar los cuatro tubos de PVC con un taladro se abrieron los respectivos agujeros sobre los cuales el tallo de la planta se va a ubicar. El diámetro de estos agujeros quedo de aproximadamente 1/2". Es claro identificar que las distancias entre puntos forman rombos, es necesario también que sea así, para que la raíz de las plantas no interfiera dentro del tubo con las otras ya que

estas pueden alcanzar una longitud de hasta 13 cm.



ENSAMBLE DE LAS REDUCCIONES

Paralelamente y con pegante especial para tubos PVC se procedió a ensamblar las dos reducciones de 4" a 1 1/2" y de 1 1/2" a 1/2" con el fin de reducir al máximo la salida de líquido o sustrato sobre la parte superior del sistema.



ENSAMBLE AL SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE FLUIDO

Con el tubo de PVC de 1/2" se procedió a cortar tubos de 15 cm estos tramos se pegaron sobre la reducción de 1/2" y en la parte final se ubicaron los codos que a su vez van pegados a tramos de tubo de 25 cm y estos a la vez a una unión en T. Este sistema permitirá que el fluido que caiga sobre las unidades de producción se puedan recolectar de manera sencilla sobre la el depósito de recolección para que caiga en un solo punto.



UNIÓN CUERPO INFERIOR A COLUMNAS

Una vez armada la estrella inferior del sistema que permitirá la fácil recolección de fluido se hizo necesaria la unión de esta al cuerpo que sostiene las plantas o columnas de producción. Para esto se procedió a utilizar pegante para PVC.



ENSAMBLE SOPORTE SUPERIOR

Para sujetar la estrella de la parte superior se hizo necesario ensamblar al igual que en la parte inferiores sistema con tubo de PVC de 1/2", codos de 1/2" y una T en el mismo material. Sobre las terminales del sistema se instalaron los nebulizadores, que están sujetos a una terminal cerrada para que la presión del agua disperse esta misma en partículas, por lo que esta estructura debe ir sujeta justo a la mitad del diámetro del tubo de 4", para realizar esto fue necesario la ayuda de trapos para cumplir con este requerimiento del sistema.



PREPARACIÓN DEL INVERNADERO

Una de las variables más influyentes y delicadas para el desarrollo óptimo de las plantas que se vayan a ubicar en la estrella de producción es la temperatura, esta debe establecerse en una rango promedio de entre 16 y 22° C. Para esto se hace necesario el uso de plástico de invernadero, el cual primero protege el ambiente de agentes contaminantes y segundo brinda una temperatura optima al sistema, para este propósito un área aproximada de 2m² se cubrió de este tipo de plástico.



CONEXIÓN DE MANGUERAS A BOMBA

La bomba que se adquirió para este sistema tiene una salida para manguera de 1/2" por lo que se unió a un trozo que llegara hasta la parte superior de la estrella y a su vez se conectará al cuerpo ensamblado en tubo de PVC de 1/2" que en sus terminales tiene conectado los nebulizadores. Es importante que el selle y las uniones entre Bomba-Manguera y Manguera-Tubo PVC se realicen de la manera más óptima para que no haya fuga de agua y a su vez no se pierda presión de este líquido, para estas uniones se utilizó el mismo pegante para tubo de PVC y se reforzó las uniones con cinta de teflón.



CONEXIÓN TIMER Y BOMBA

Las ventajas del Timer que se adquirió para el desarrollo de este proyecto, son: se puede programar en horas y minutos, de acuerdo a lo que se conecte a su cuerpo, en este caso la bomba, determina los intervalos de encendido, este sistema facilito en gran medida la operación del sistema. Una vez programado el timer este se conecta a una toma de energía DC y a su vez la bomba se conecta al timer. De esta manera el timer enciende cada 5 minutos la bomba para que esta disipe agua al sistema y se realice la respectiva nebulización del líquido.



Elaboración: Fuente propia

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Al realizar la investigación y el análisis de los diferentes modelos de agricultura no convencional se comprobó que el modelo de agricultura aeropónica presenta altos niveles de rendimiento en la utilización del suelo, bajo consumo de agua y demás nutrientes requeridos para el crecimiento de las plantas, presentándose así como una opción a largo plazo económica, ecológica y rentable.
- En el desarrollo de este estudio se logró establecer un diseño viable que cumpliera con las características técnicas del sistema, logrando un 177% de aumento en la capacidad de producción respecto al modelo de referencia Rosas (2012). Este diseño columna que conformaría un sistema completo posee 8 caras, 2200 mm de altura y estaría elaborado en PET con una capacidad máxima de 112 plantas por columna.
- La elaboración del prototipo permitió verificar el cumplimiento de las características técnicas de dicho modelo, verificando su funcionamiento en modo prueba, para en un futuro poder ser puesto en funcionamiento a gran escala.
- El estudio de simulación permitió identificar el diseño número 11 (Biombo octagonal en plástico PET con una altura de 2200 milímetros) entre los 12 modelos estudiados, resultando este, como el modelo seleccionado debido a que presentaba el mejor comportamiento en los análisis de materiales que se realizaron. Adicionalmente se realizaron 99 simulaciones del estudio de frecuencia que permitieron determinar que dicho modelo presentaba los menores desplazamientos de material respecto al diseño original en el rango de frecuencias evaluadas. Dichos resultados se evaluaron estadísticamente usando un análisis de prueba de hipótesis de medias y los resultados indican que existen diferencias significativas entre todos los diseños. Sin embargo debido a que habían intervalos de recepción, se agruparon estos diseños y se compararon en términos de sus características comunes, lo cual permitió identificar la mejor combinación entre diseño y material. Finalmente, es importante destacar que en la prueba de comparación de medias el diseño seleccionado y el diseño de referencia resultan ser estadísticamente diferentes por lo cual el diseño seleccionado presenta mejoras significativas en cuanto a desplazamientos en el rango de frecuencias analizadas.

- Es importante aclarar que en esta investigación se hace la exposición de los elementos nutritivos que influyen en el crecimiento de las plantas del sistema aeropónico, mas sin embargo estos nutrientes fueron poco relevantes al desarrollar el diseño planteado, puesto que esta solución se toma como una constante dentro del sistema.
- Para futuras investigaciones se recomienda implementar el modelo propuesto con el fin de realizar el trabajo de campo que permita obtener datos suficientes para el desarrollo de un modelo matemático que simule el comportamiento del crecimiento de las lechugas en un sistema agroindustrial aeropónico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American society for testing and materials. (1961), ASTM Standards including tentatives. Philadelphia.
- Banks, J. (1998). *Hanbook of simulation*. John Wiley & Sons
- Belliveau, M. & Lester, S. (2004). PVC, Bad news come in: The poison plastic, Health Hazards and the Looming waste crisis. Center for health, environment and Justice, Vol. 1.
- Carrasquero, FL. (2004). Fundamentos de Polímeros, Recuperado el 09 de 01 de 2013 de:
<http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/16700/1/polimeros.pdf>
- Clive L., & Patrick Little. (2002). *El proceso de diseño en Ingenieria*. México D.F.: Limusa Editores.
- Culebras, P. V. (2011). *MODELADO, ANÁLISIS Y SIMULACIÓN DE UN CHASIS DE MOTOCICLETA*. Madrid.
- DASSAULT SYSTEMS. (2013). *Help Solidworks*. Recuperado el 05 de 03 de 2013, de Help Solidworks:
http://help.solidworks.com/2011/spanish/SolidWorks/cworks/LegacyHelp/Simulation/Design_Studies/Analysis_Solvers.htm
- D. Leenhardt, F. L.-M. (1998). Evaluating irrigation strategies for lettuce by simulation:.. *European Journal of Agronomy* 8, 267-282.
- Espinal, C. F. (2005). *LA INDUSTRIA PROCESADORA DE FRUTAS Y HORTALIZAS EN COLOMBIA*. Bogotá.
- Gojman, M. (s.f.). *hartmaninstitute*. Recuperado el 22 de 11 de 2012, de hartmaninstitute: <http://hartmaninstitute.org/Portals/0/html-files/SpGojmanIndust.htm>
- Gómez González, S. (2010). *SolidWorks Simulation®*. México D.F.: Alfaomega ; Ra-Ma, 2010.

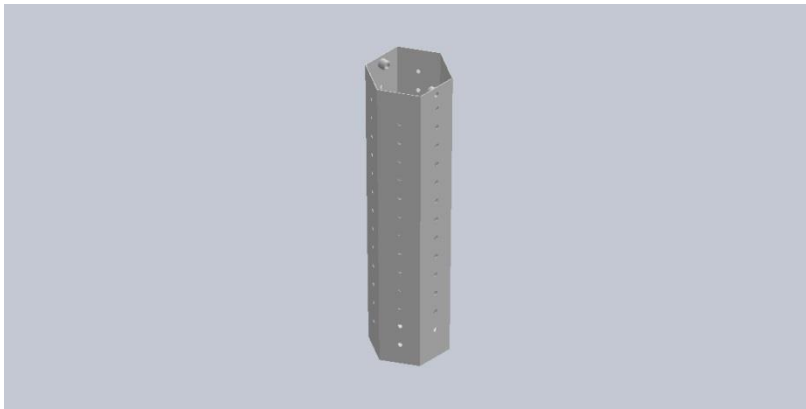
- Groover, P. Mikell (1997). Fundamentos de manufactura moderna. México D.F.: Pearson Education
- Hande Mutlu Ozturka, H. K. (2009). ScienceDirect. *i n t e r n a t i o n a l j o u r n a l o f r e f r i g e r a t i o n*, 402-410.
- Hoeger, H. (2013). *webdelprofesor*. Recuperado el 10 de 03 de 2013, de webdelprofesor:
<http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/hhoeger/simulacion/PARTE1.pdf>
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria . (s.f.). <http://www.vet-uy.com>. Recuperado el 22 de 10 de 2012, de <http://www.vet-uy.com>:
<http://www.vet-uy.com/articulos/forestacion/pdfs/hdt19.pdf>
- Kalpakjian & Schmid (2002) Manufactura, ingeniería y tecnología. Bogotá: Prentice Hall, 4 Edición.
- Law, A. M., & Kelton, W. D. (2000). *Simulation Modeling and Analysis* (3ª Edición ed.). Singapur: Mc Graw-Hill.
- Jiménez, G. L., (2002). *Pagina Universidad Nacional de Colombia*. Recuperado el 2013 de 04 de 08, de Pagina Universidad Nacional de Colombia:
<http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4060015/Lecciones/Capitulo%20VI/ventajas.htm>
- Meyers and Chawla. Mechanical Behaviors of Materials, Prentice Hall, Inc. (Pearson Education) 1999.
- Naylor, T.H. (1996). *Técnicas de simulación en computadoras*.
- Rosas Roa, A.(2012). Agricultura Limpia. *Agricultura Limpia*.
- Smith, W & Hashemi, J. (2006). Fundamentos de ciencia e ingeniería de materiales. México D.F.: Mcgraw Hill / Interamericana de México.
- Storetvedt Heldaas, S. Langard, SL. & Andersen, A. (1984). Incidence of cancer among vinyl chloride and polyvinyl chloride workers. *British Journal of Industrial Medicine*, 41, 25-30.

- T.D. Harwooda, F. A. (2010). Modelling uncertainty in field grown iceberg lettuce production for decision. *Computers and Electronics in Agriculture* 71, 57-63.
- William D. Callister, (1998) Introducción a la ciencia e ingeniería de materiales. Bogotá: Reverte.

ANEXO A

Análisis ABS 6C 2200 Milímetros

Analisis de Frecuencia



Descripción

Estudio de Análisis de Frecuencia realizado al modelo de 6 caras altura 2200 mm y Plástico ABS

Simulación de Analisis de Frecuencia ABS 6C 2200

Fecha: sábado, 02 de marzo de 2013

Diseñador: Solidworks

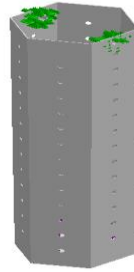
Nombre de estudio: Estudio de Frecuencia ABS 6C 2200mm

Tipo de análisis: Frecuencias

Tabla de contenido

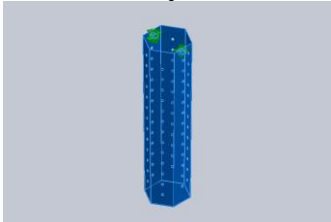
Escribir el título del capítulo (nivel 1)	1
Escribir el título del capítulo (nivel 2).....	2
Escribir el título del capítulo (nivel 3).....	3
Escribir el título del capítulo (nivel 1)	4
Escribir el título del capítulo (nivel 2).....	5
Escribir el título del capítulo (nivel 3).....	6

Información de modelo



Nombre del modelo: BIOMBO 6 CARAS ALTURA 2200
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Sólido importado1 	Sólido	Masa:20.3121 kg Volumen:0.0199138 m ³ Densidad:1020 kg/m ³ Peso:199.058 N	C:\Users\Gladys\Desktop \Solid\ABS 6C 2200mm\Análisis Estatico\biombo 3.sldprt Mar 02 08:48:21 2013

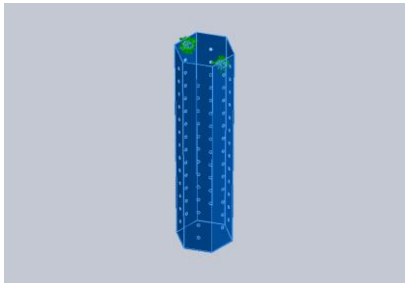
Propiedades del estudio

Nombre de estudio	Estudio de Frecuencia ABS 6C 2200mm
Tipo de análisis	Frecuencias
Tipo de malla	Malla sólida
Número de frecuencias	5
Tipo de solver	Automatic
Muelle blando:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automática
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SolidWorks Flow Simulation	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SolidWorks (c:\users\gladys\appdata\local\temp)

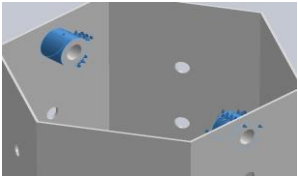
Unidades

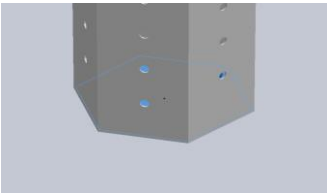
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p> Nombre: ABS Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Desconocido Límite de tracción: 3e+007 N/m² Densidad: 1020 kg/m³ Módulo elástico: 2e+009 N/m² Coefficiente de Poisson: 0.394 </p>	Sólido 1(Sólido importado1)(biombo 3-1)
Datos de curva:N/A		

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		<p> Entidades: 2 cara(s) Tipo: Geometría fija </p>

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		<p> Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 385 N </p>

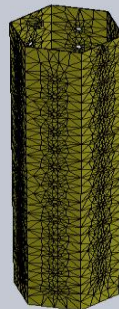
Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	73.2116 mm
Tolerancia	3.66058 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

Información de malla - Detalles

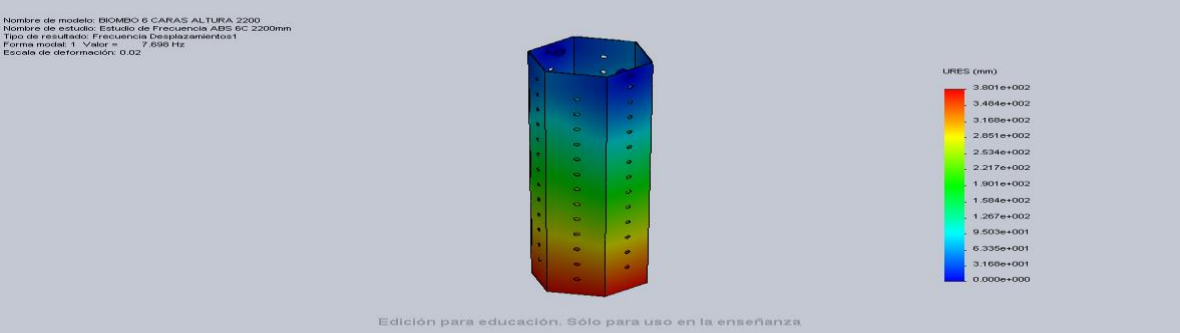
Número total de nodos	32513
Número total de elementos	15281
Cociente máximo de aspecto	45.274
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	0.484
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	25
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:24
Nombre de computadora:	GLADYS-PC

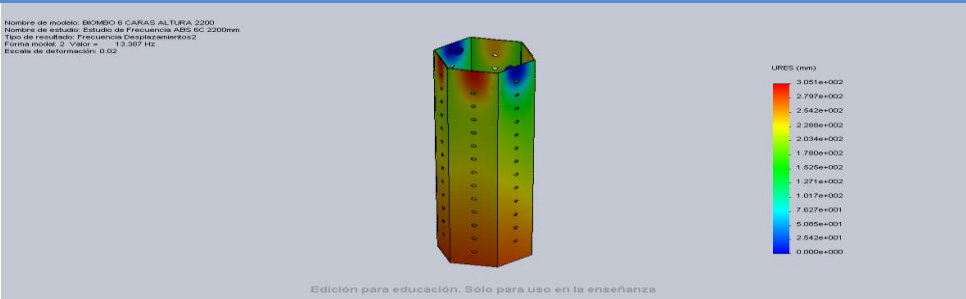
Nombre de modelo: BIOMBO 6 CARAS ALTURA 2200
 Nombre de estudio: Estudio de Frecuencia ADS 6C 2200mm
 Tipo de malla: Malla de sólido



Edición para educación. Sólo para uso en la enseñanza

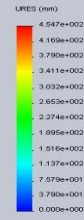
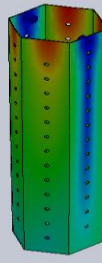
Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante Plot para forma modal: 1(Valor = 7.69796 Hz)	0 mm Nodo: 199	380.124 mm Nodo: 3865
<p>Nombre de modelo: BIOMBO 6 CARAS ALTURA 2200 Nombre de estudio: Estudio de Frecuencia ABS 6C 2200mm Tipo de resultado: Frecuencia Desplazamientos1 Forma modal: 1 Valor = 7.698 Hz Escala de deformación: 0.02</p>  <p>Edición para educación. Sólo para uso en la enseñanza</p> <p>BIOMBO 6 CARAS ALTURA 2200-Estudio de Frecuencia ABS 6C 2200mm-Desplazamientos-Desplazamientos1</p>			

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos2	URES: Desplazamiento resultante Plot para forma modal: 2(Valor = 13.3866 Hz)	0 mm Nodo: 199	305.085 mm Nodo: 3195
<p>Nombre de modelo: BIOMBO 6 CARAS ALTURA 2200 Nombre de estudio: Estudio de Frecuencia ABS 6C 2200mm Tipo de resultado: Frecuencia Desplazamientos2 Forma modal: 2 Valor = 13.387 Hz Escala de deformación: 0.02</p>  <p>Edición para educación. Sólo para uso en la enseñanza</p> <p>BIOMBO 6 CARAS ALTURA 2200-Estudio de Frecuencia ABS 6C 2200mm-Desplazamientos-Desplazamientos2</p>			

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos3	URES: Desplazamiento resultante Plot para forma modal: 3(Valor = 20.0537 Hz)	0 mm Nodo: 199	454.748 mm Nodo: 3539

Nombre de modelo: BIOMBO 6 CARAS ALTURA 2200
 Nombre de estudio: Estudio de Frecuencia ABS 6C 2200mm
 Tipo de resultado: Frecuencia Desplazamientos3
 Forma modal: 3 Valor = 20.054 Hz
 Escala de deformación: 0.02

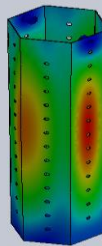


Edición para educación. Sólo para uso en la enseñanza

BIOMBO 6 CARAS ALTURA 2200-Estudio de Frecuencia ABS 6C 2200mm-Desplazamientos-Desplazamientos3

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos4	URES: Desplazamiento resultante Plot para forma modal: 4(Valor = 28.0256 Hz)	0 mm Nodo: 199	432.438 mm Nodo: 26983

Nombre de modelo: BIOMBO 6 CARAS ALTURA 2200
 Nombre de estudio: Estudio de Frecuencia ABS 6C 2200mm
 Tipo de resultado: Frecuencia Desplazamientos4
 Forma modal: 4 Valor = 28.026 Hz
 Escala de deformación: 0.02

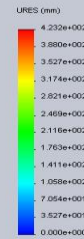
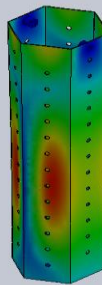


Edición para educación. Sólo para uso en la enseñanza

BIOMBO 6 CARAS ALTURA 2200-Estudio de Frecuencia ABS 6C 2200mm-Desplazamientos-Desplazamientos4

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos5	URES: Desplazamiento resultante Plot para forma modal: 5(Valor = 37.9519 Hz)	0 mm Nodo: 199	423.221 mm Nodo: 12869

Nombre de modelo: BIOMBO 6 CARAS ALTURA 2200
 Nombre de estudio: Estudio de Frecuencia ABS 6C 2200mm
 Tipo de resultado: Frecuencia Desplazamientos5
 Forma modal: 5 Valor = 37.952 Hz
 Escala de deformación: 0.02



Edición para educación. Sólo para uso en la enseñanza

BIOMBO 6 CARAS ALTURA 2200-Estudio de Frecuencia ABS 6C 2200mm-Desplazamientos-Desplazamientos5

Lista de modos

Número de frecuencias	Rad/seg	Hertz	Segundos
1	48.368	7.698	0.1299
2	84.11	13.387	0.074702

3	126	20.054	0.049866
4	176.09	28.026	0.035682
5	238.46	37.952	0.026349

Participación de masa (Normalizada)

Número de modos	Frecuencia(Hertz)	Dirección X	Dirección Y	Dirección Z
1	7.698	1.7506e-005	4.555e-008	0.68576
2	13.387	0.92531	2.0402e-010	2.1926e-005
3	20.054	0.0026291	1.9687e-007	1.9684e-005
4	28.026	2.1977e-005	0.0046382	4.5775e-005
5	37.952	2.281e-006	4.5914e-006	3.5716e-005
		Sum X = 0.92798	Sum Y = 0.0046431	Sum Z = 0.68589

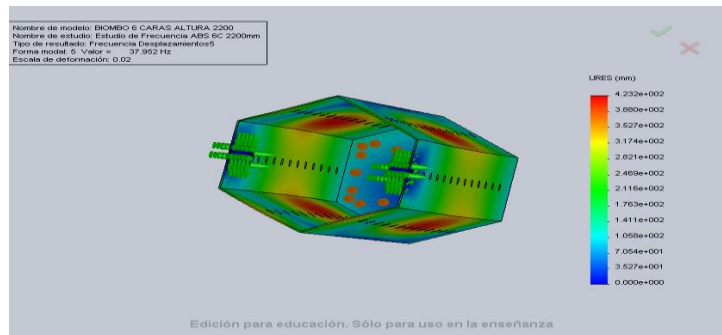
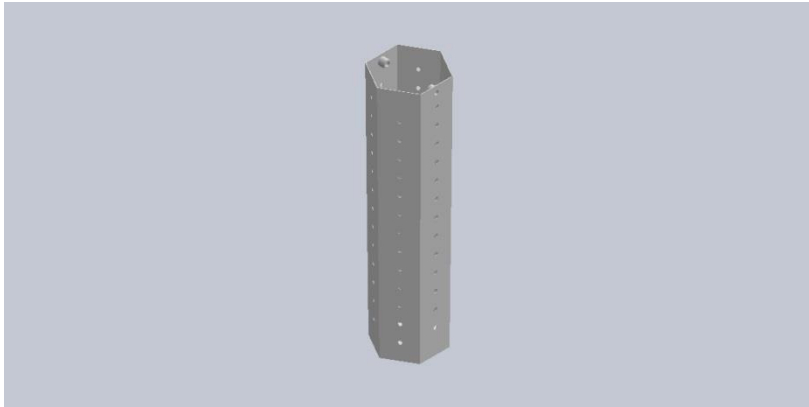


Imagen-1



Descripción

Estudio de Análisis de Pandeo realizado al modelo de 6 caras altura 2200 mm y Plástico ABS

Simulación de Analisis de Pandeo ABS 6C 2200

Fecha: sábado, 02 de marzo de 2013

Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: Estudio de Pandeo ABS 6C 2200mm

Tipo de análisis: Pandeo

Table of Contents


Descripción.....	8
Suposiciones.....	¡Error! Marcador no definido.
Información de modelo.....	9
Propiedades del estudio	9
Unidades	10
Propiedades de material.....	10
Cargas y sujeciones	10
Definiciones de conector.....	¡Error! Marcador no definido
Información de contacto.....	¡Error! Marcador no definido.
Información de malla	11
Detalles del sensor	¡Error! Marcador no definido.
Resultados del estudio.....	12
Conclusión.....	¡Error! Marcador no definido.

Información de modelo



Nombre del modelo: BIOMBO 6 CARAS ALTURA 2200
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Sólido importado1 	Sólido	Masa:20.3121 kg Volumen:0.0199138 m ³ Densidad:1020 kg/m ³ Peso:199.058 N	C:\Users\Gladys\Desktop\Solid\biombo 3.sldprt Mar 02 02:15:09 2013

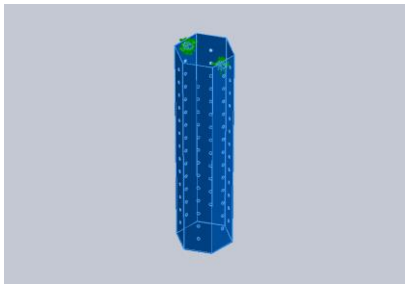
Propiedades del estudio

Nombre de estudio	Estudio de Pandeo ABS 6C 2200mm
Tipo de análisis	Pandeo
Tipo de malla	Malla sólida
Número de modos	1
Tipo de solver	FFEPlus
Opciones de unión rígida incompatibles	Automática
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SolidWorks Flow Simulation	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SolidWorks (c:\users\gladys\appdata\local\temp)

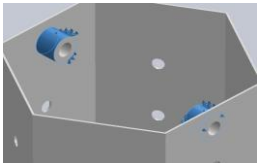
Unidades

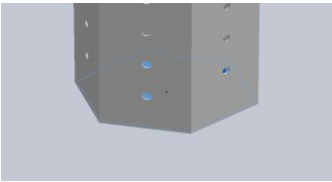
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: ABS Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Desconocido Límite de tracción: 3e+007 N/m² Densidad: 1020 kg/m³ Módulo elástico: 2e+009 N/m² Coeficiente de Poisson: 0.394</p>	Sólido 1(Sólido importado1)(biombo 3-1)
Datos de curva:N/A		

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		<p>Entidades: 2 cara(s) Tipo: Geometría fija</p>

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		<p>Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 414.8 N</p>



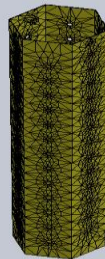
Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	76.0274 mm
Tolerancia	3.80137 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

Información de malla - Detalles

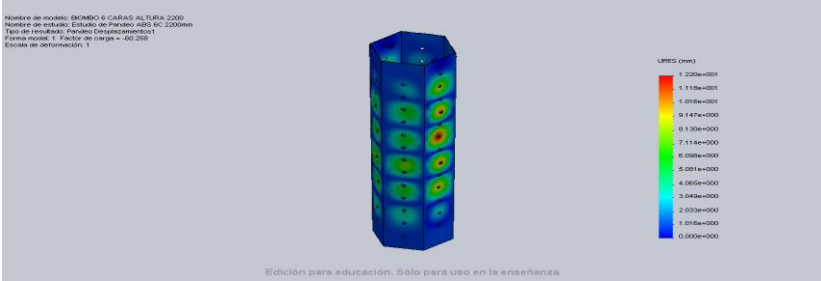
Número total de nodos	32737
Número total de elementos	15509
Cociente máximo de aspecto	74.157
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	0.516
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	26.1
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:30
Nombre de computadora:	GLADYS-PC

Nombre de modelo: BIOMBO 6 CARAS ALTURA 2200
 Nombre de estudio: Estudio de Plantes ABS EC 2200mm
 Tipo de malla: Malla de sólida



Edición para educación. Sólo para uso en la enseñanza

Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante Plot para forma modal: 1(Factor de carga = -60.2581)	0 mm Nodo: 199	12.1955 mm Nodo: 27162
 <p>BIOMBO 6 CARAS ALTURA 2200-Estudio de Pandeo ABS 6C 2200mm-Desplazamientos-Desplazamientos1</p>			

Lista de modos

Número de modos	Factor de cargas
1	-60.258

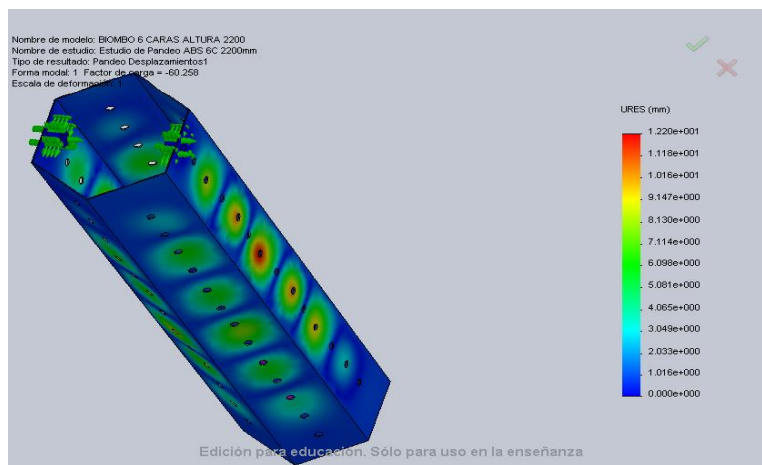
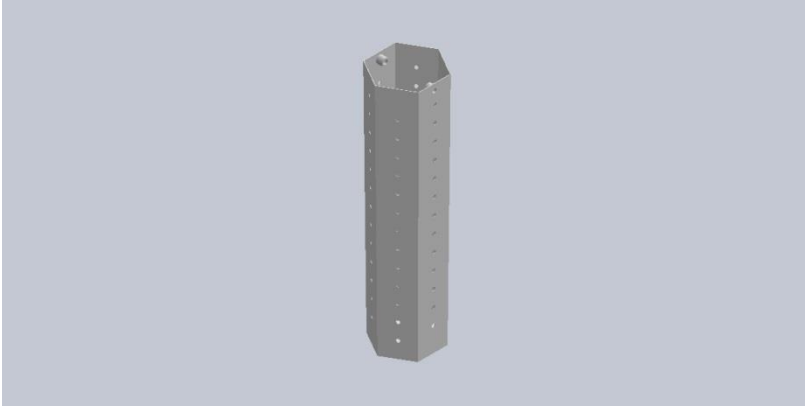


Imagen-1

Analisis estatico



Descripción

Estudio de Análisis Estatico realizado al modelo de 6 caras altura 2200 mm y Plástico ABS

Simulación de Analisis de Frecuencia ABS 6C 2200

Fecha: sábado, 02 de marzo de 2013

Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: Estudio Estatico ABS 6C 2200

Tipo de análisis: Estático

Table of Contents


Descripción.....	13
Suposiciones.....	¡Error! Marcador no definido.
Información de modelo.....	14
Propiedades del estudio	14
Unidades	15
Propiedades de material	15
Cargas y sujeciones	15
Definiciones de conector.....	¡Error! Marcador no definido
Información de contacto.....	¡Error! Marcador no definido.
Información de malla	16
Detalles del sensor	¡Error! Marcador no definido.
Fuerzas resultantes	17
Vigas.....	¡Error! Marcador no definido.
Resultados del estudio	18
Conclusión.....	¡Error! Marcador no definido.

Información de modelo



Nombre del modelo: BIOMBO 6 CARAS ALTURA 2200
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Sólido importado1 	Sólido	Masa:20.3121 kg Volumen:0.0199138 m ³ Densidad:1020 kg/m ³ Peso:199.058 N	C:\Users\Gladys\Desktop\Solid\biombo 3.sldprt Mar 02 02:15:09 2013

Propiedades del estudio

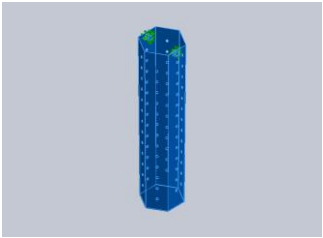
Nombre de estudio	Estudio Estatico ABS 6C 2200
Tipo de análisis	Estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SolidWorks Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automática
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SolidWorks (c:\users\gladys\appdata\local\temp)



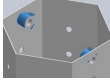
Unidades

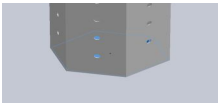
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	Nombre: ABS Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Desconocido Límite de tracción: 3e+007 N/m² Módulo elástico: 2e+009 N/m² Coeficiente de Poisson: 0.394 Densidad: 1020 kg/m³ Módulo cortante: 3.189e+008 N/m²	Sólido 1(Sólido importado1)(biombo 3-1)
Datos de curva:N/A		

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Geometría fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-0.0304661	414.788	-0.0192375	414.788
Momento de reacción(N-m)	0	0	0	0

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 414.8 N

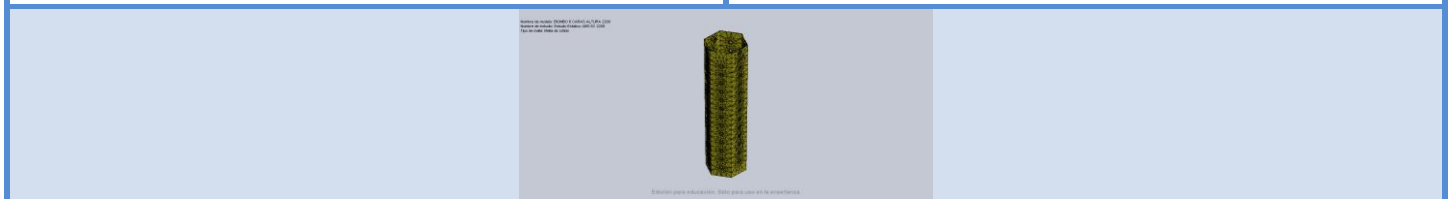


Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	85.8828 mm
Tolerancia	4.29414 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	32142
Número total de elementos	15226
Cociente máximo de aspecto	138.66
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	0.65
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	27.1
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:34
Nombre de computadora:	GLADYS-PC



Fuerzas resultantes

Fuerzas de reacción

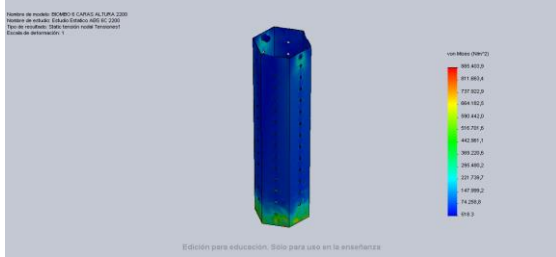
Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N	-0.0304661	414.788	-0.0192375	414.788

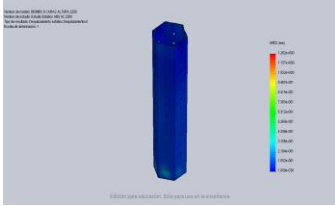
Momentos de reacción

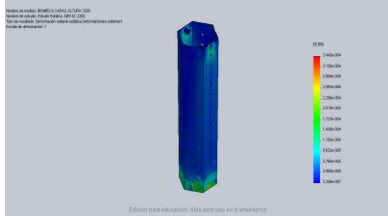
Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N-m	0	0	0	0



Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	518.291 N/m ² Nodo: 1150	885404 N/m ² Nodo: 25068
 <p>BIOMBO 6 CARAS ALTURA 2200-Estudio Estatico ABS 6C 2200-Tensiones-Tensiones1</p>			

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante	0 mm Nodo: 201	1.2623 mm Nodo: 25042
 <p>BIOMBO 6 CARAS ALTURA 2200-Estudio Estatico ABS 6C 2200-Desplazamientos-Desplazamientos1</p>			

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	3.34907e-007 Elemento: 11224	0.000344262 Elemento: 6971
 <p>BIOMBO 6 CARAS ALTURA 2200-Estudio Estatico ABS 6C 2200-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1</p>			

Nombre	Tipo
Desplazamientos1{1}	Forma deformada
 <p>BIOMBO 6 CARAS ALTURA 2200-Estudio Estatico ABS 6C 2200-Desplazamientos-Desplazamientos1{1}</p>	

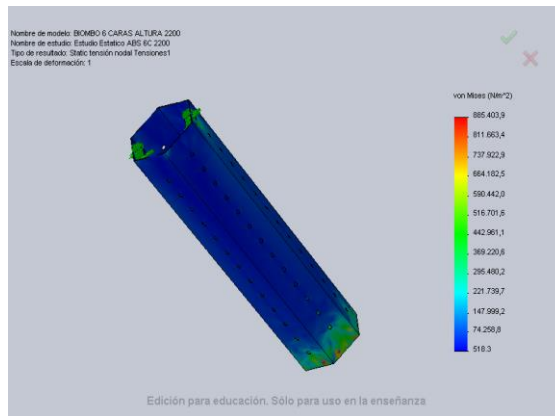
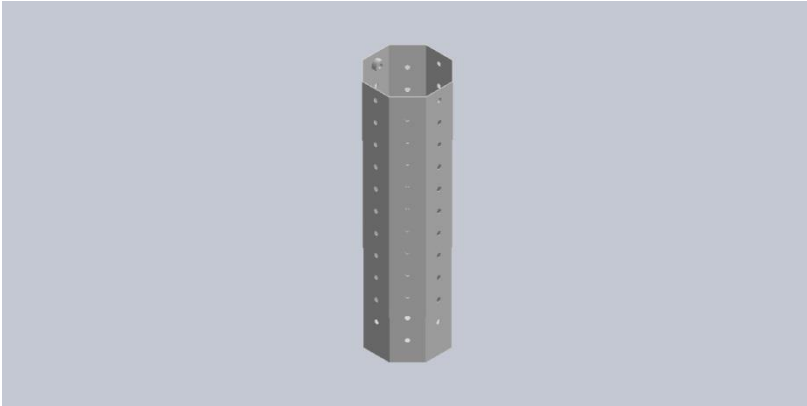


Imagen-1

ANEXO B

Analisis ABS 8C 1800 Milímetros

Analisis de Frecuencias



Descripción

Estudio de Análisis de frecuencia realizado al modelo de 8 caras altura 1800 mm y Plástico ABS

Simulación de Analisis de Frecuencia ABS 8C 1800

Fecha: viernes, 01 de marzo de 2013

Diseñador: Solidworks

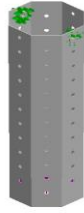
Nombre de estudio: Estudio de Frecuencia ABS 8C 1800mm

Tipo de análisis: Frecuencias

Table of Contents


Descripción.....	20
Suposiciones.....	¡Error! Marcador no definido.
Información de modelo.....	21
Propiedades del estudio	21
Unidades	22
Propiedades de material	22
Cargas y sujeciones	22
Definiciones de conector.....	¡Error! Marcador no definido
Información de contacto.....	¡Error! Marcador no definido.
Información de malla	23
Detalles del sensor	¡Error! Marcador no definido.
Resultados del estudio	28
Conclusión.....	¡Error! Marcador no definido.

Información de modelo



Nombre del modelo: BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2034
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Sólido importado1 	Sólido	Masa:15.6646 kg Volumen:0.0153574 m ³ Densidad:1020 kg/m ³ Peso:153.513 N	C:\Users\Gladys\Desktop\Solid\ABS 8C 1800mm\Análisis Estático\biombo4-1.sldprt Mar 01 23:04:38 2013

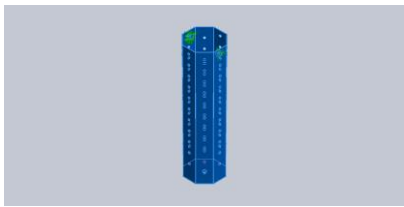
Propiedades del estudio

Nombre de estudio	Estudio de Frecuencia ABS 8C 1800mm
Tipo de análisis	Frecuencias
Tipo de malla	Malla sólida
Número de frecuencias	4
Tipo de solver	Automatic
Muelle blando:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automática
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SolidWorks Flow Simulation	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SolidWorks (c:\users\gladys\appdata\local\temp)


Unidades

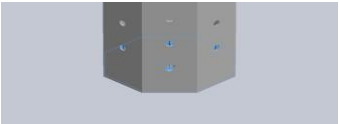
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: ABS Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Desconocido Límite de tracción: 3e+007 N/m² Densidad: 1020 kg/m³ Módulo elástico: 2e+009 N/m² Coeficiente de Poisson: 0.394</p>	Sólido 1(Sólido importado1)(biombo4-1-1)
Datos de curva:N/A		

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		<p>Entidades: 2 cara(s) Tipo: Geometría fija</p>

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		<p>Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 395.3 N</p>

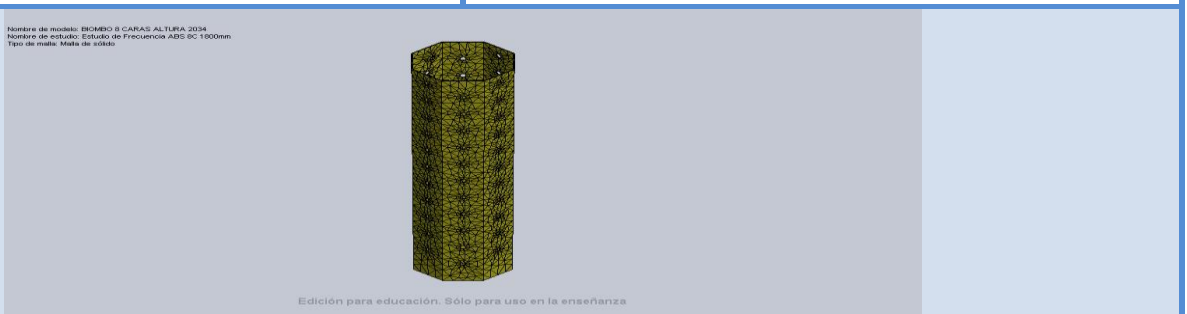


Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	49.5079 mm
Tolerancia	2.47539 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	37171
Número total de elementos	17546
Cociente máximo de aspecto	32.855
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	0.667
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	8.34
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:54
Nombre de computadora:	GLADYS-PC

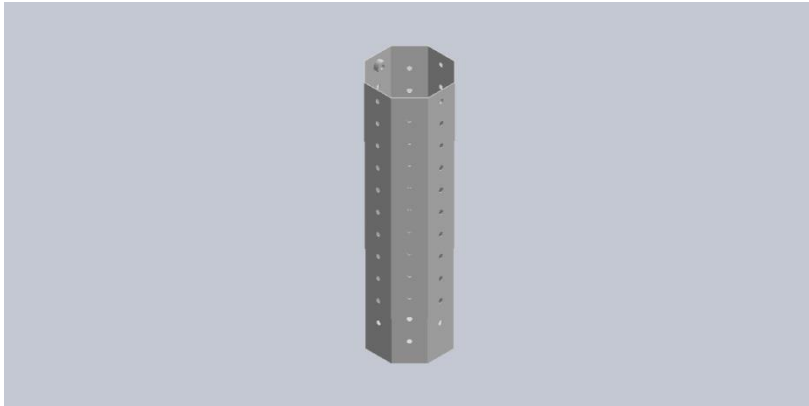


Fecha: viernes, 01 de marzo de 2013

Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: Estudio de Pandeo ABS 8C 1800mm

Tipo de análisis: Pandeo



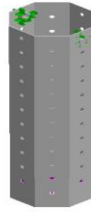
Descripción

Estudio de Pandeo realizado al modelo de 8 caras altura 1800 mm y Plástico ABS

Table of Contents


Descripción.....	24
Suposiciones.....	¡Error! Marcador no definido.
Información de modelo.....	25
Propiedades del estudio	25
Unidades	26
Propiedades de material	26
Cargas y sujeciones	26
Definiciones de conector.....	¡Error! Marcador no definido
Información de contacto.....	¡Error! Marcador no definido.
Información de malla	27
Detalles del sensor	¡Error! Marcador no definido.
Resultados del estudio	28
Conclusión.....	¡Error! Marcador no definido.

Información de modelo



Nombre del modelo: BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2034
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Sólido importado1 	Sólido	Masa:15.6646 kg Volumen:0.0153574 m ³ Densidad:1020 kg/m ³ Peso:153.513 N	C:\Users\Gladys\Desktop\Solid\ABS 8C 1800mm\Análisis Estático\biombo4-1.sldprt Mar 01 23:04:38 2013

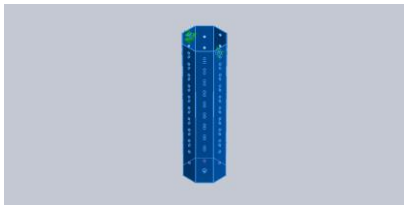
Propiedades del estudio

Nombre de estudio	Estudio de Pandeo ABS 8C 1800mm
Tipo de análisis	Pandeo
Tipo de malla	Malla sólida
Número de modos	1
Tipo de solver	FFEPlus
Opciones de unión rígida incompatibles	Automática
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SolidWorks Flow Simulation	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SolidWorks (c:\users\gladys\appdata\local\temp)

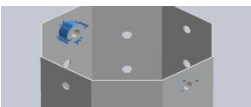
Unidades

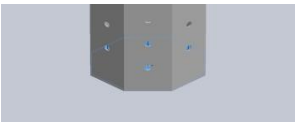
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	Nombre: ABS Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Desconocido Límite de tracción: 3e+007 N/m² Densidad: 1020 kg/m³ Módulo elástico: 2e+009 N/m² Coeficiente de Poisson: 0.394	Sólido 1(Sólido importado1)(biombo4-1-1)
Datos de curva:N/A		

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Geometría fija

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 395.3 N



Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	49.5079 mm
Tolerancia	2.47539 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	37171
Número total de elementos	17546
Cociente máximo de aspecto	32.855
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	0.667
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	8.34
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:40
Nombre de computadora:	GLADYS-PC



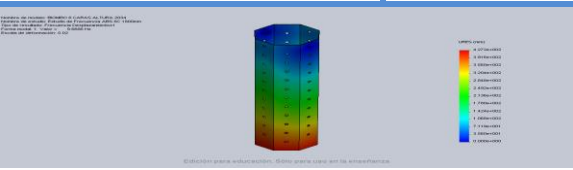
Resultados del estudio

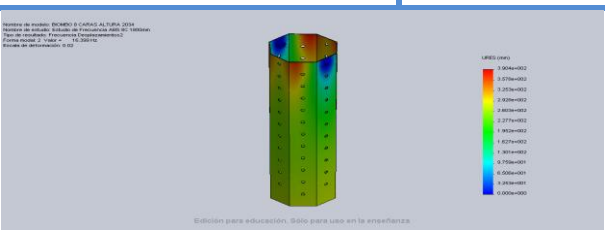
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante Plot para forma modal: 1(Factor de carga = -35.2598)	0 mm Nodo: 1251	34.1726 mm Nodo: 35516
 <p>BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2034-Estudio de Pandeo ABS 8C 1800mm-Desplazamientos-Desplazamientos1</p>			

Lista de modos

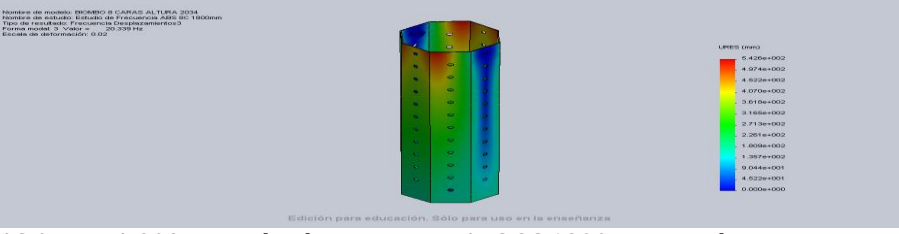
Número de modos	Factor de cargas
1	-35.26

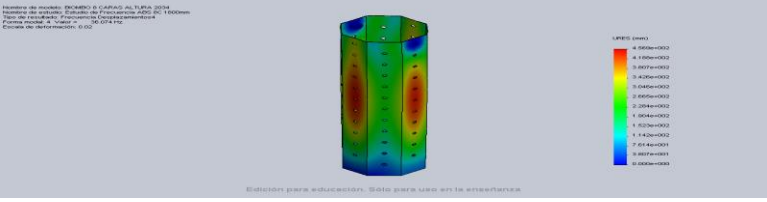
Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante Plot para forma modal: 1(Valor = 9.66859 Hz)	0 mm Nodo: 1251	427.154 mm Nodo: 9703
 <p>BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2034-Estudio de Frecuencia ABS 8C 1800mm-Desplazamientos-Desplazamientos1</p>			

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos2	URES: Desplazamiento resultante Plot para forma modal: 2(Valor = 16.3991 Hz)	0 mm Nodo: 1251	390.38 mm Nodo: 4634
 <p>BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2034-Estudio de Frecuencia ABS 8C 1800mm-Desplazamientos-Desplazamientos2</p>			



Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos3	URES: Desplazamiento resultante Plot para forma modal: 3(Valor = 20.3394 Hz)	0 mm Nodo: 1251	542.643 mm Nodo: 3646
 <p>BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2034-Estudio de Frecuencia ABS 8C 1800mm-Desplazamientos-Desplazamientos3</p>			

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos4	URES: Desplazamiento resultante Plot para forma modal: 4(Valor = 36.074 Hz)	0 mm Nodo: 1251	456.854 mm Nodo: 34274
 <p>BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2034-Estudio de Frecuencia ABS 8C 1800mm-Desplazamientos-Desplazamientos4</p>			

Lista de modos

Número de frecuencias	Rad/seg	Hertz	Segundos
1	60.75	9.6686	0.10343
2	103.04	16.399	0.060979
3	127.8	20.339	0.049166
4	226.66	36.074	0.027721

Participación de masa (Normalizada)

Número de modos	Frecuencia(Hertz)	Dirección X	Dirección Y	Dirección Z
1	9.6686	2.1437e-006	4.4003e-010	0.67109
2	16.399	0.91316	7.397e-008	1.7168e-006
3	20.339	0.00012557	4.6986e-007	1.0616e-007
4	36.074	1.3552e-006	0.008173	3.5626e-010
		Sum X = 0.91329	Sum Y = 0.0081736	Sum Z = 0.67109

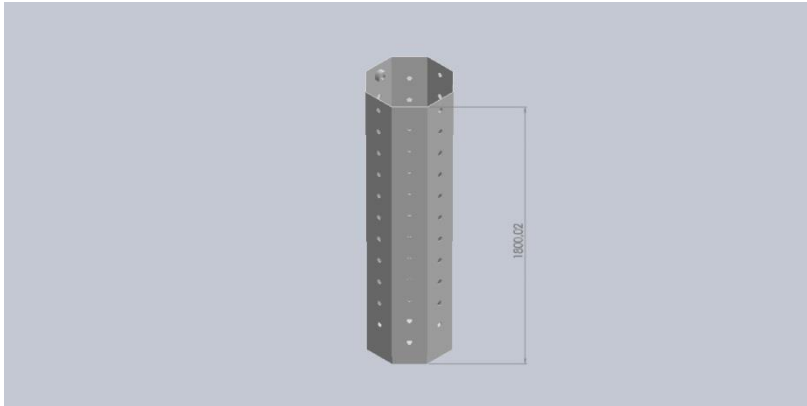
Simulación de Analisis Estatico ABS 8C 1800

Fecha: viernes, 01 de marzo de 2013

Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: Análisis Estático ABS 8C 180

Tipo de análisis: Estático



Descripción

Estudio de Análisis Estático realizado al modelo de 8 caras altura 1800 mm y Plástico ABS

Table of Contents

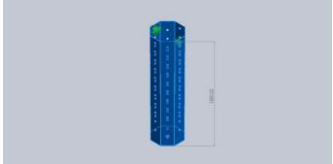
Descripción.....	30
Suposiciones.....	¡Error! Marcador no definido.
Información de modelo.....	31
Propiedades del estudio	31
Unidades	32
Propiedades de material	32
Cargas y sujeciones	32
Definiciones de conector.....	¡Error! Marcador no definido
Información de contacto.....	¡Error! Marcador no definido.
Información de malla	33
Detalles del sensor	¡Error! Marcador no definido.
Fuerzas resultantes	34
Vigas.....	¡Error! Marcador no definido.
Resultados del estudio	35
Conclusión.....	¡Error! Marcador no definido.

Información de modelo



Nombre del modelo: BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2034
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Sólido importado1 	Sólido	Masa:15.6646 kg Volumen:0.0153574 m ³ Densidad:1020 kg/m ³ Peso:153.513 N	C:\Users\Gladys\Desktop\Solid\biombo4.sldprt Mar 01 22:23:34 2013

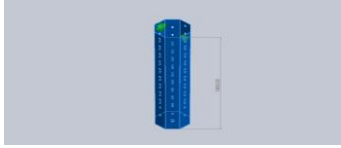
Propiedades del estudio

Nombre de estudio	Analisis Estatico ABS 8C 180
Tipo de análisis	Estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SolidWorks Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automática
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SolidWorks (C:\Users\Gladys\AppData\Local\Temp)

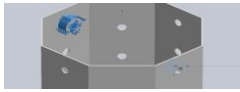
Unidades

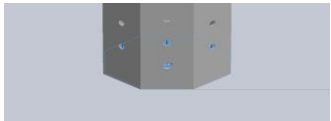
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	Nombre: ABS Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Desconocido Límite de tracción: 3e+007 N/m² Módulo elástico: 2e+009 N/m² Coeficiente de Poisson: 0.394 Densidad: 1020 kg/m³ Módulo cortante: 3.189e+008 N/m²	Sólido 1(Sólido importado1)(biombo4-1)
Datos de curva:N/A		

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 2 arista(s), 2 cara(s) Tipo: Geometría fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-0.0163098	395.25	-0.0161795	395.25
Momento de reacción(N-m)	0	0	0	0

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 395.3 N

Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	49.5079 mm
Tolerancia	2.47539 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	37171
Número total de elementos	17546
Cociente máximo de aspecto	32.855
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	0.667
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	8.34
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:48
Nombre de computadora:	GLADYS-PC



Fuerzas resultantes

Fuerzas de reacción


Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N	-0.0163098	395.25	-0.0161795	395.25

Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N-m	0	0	0	0



Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	563.136 N/m ² Nodo: 7318	3.12989e+006 N/m ² Nodo: 15825
 <p>BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2034-Analisis Estatico ABS 8C 180-Tensiones-Tensiones1</p>			

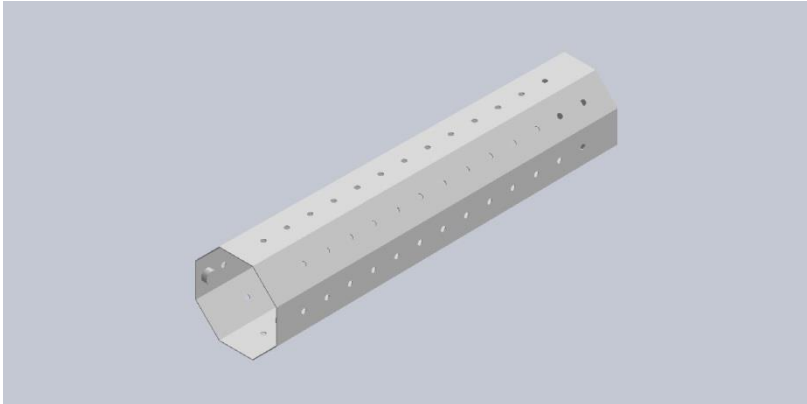
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante	0 mm Nodo: 617	3.54037 mm Nodo: 15829
 <p>BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2034-Analisis Estatico ABS 8C 180-Desplazamientos-Desplazamientos1</p>			

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	4.24301e-007 Elemento: 16096	0.000688719 Elemento: 16901
 <p>BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2034-Analisis Estatico ABS 8C 180-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1</p>			

ANEXO C

Analisis ABS 8C 2200 Milímetros

Analisis de Frecuencias



Descripción

Estudio de Análisis de Frecuencia realizado al modelo de 8 caras altura 2200 mm y Plástico ABS

Simulación de Analisis de Frecuencia ABS 8C 2200

Fecha: sábado, 02 de marzo de 2013

Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: Estudio de Frecuencia ABS 8C 2200mm

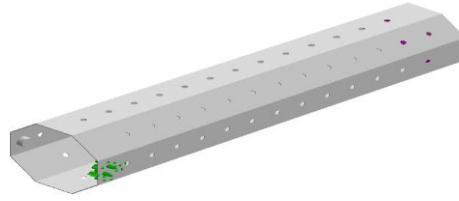
Tipo de análisis: Frecuencias

Table of Contents

Descripción.....	36
Suposiciones.....	¡Error! Marcador no definido.
Información de modelo.....	37
Propiedades del estudio	37
Unidades	38
Propiedades de material	38
Cargas y sujeciones	38
Definiciones de conector.....	¡Error! Marcador no definido
Información de contacto.....	¡Error! Marcador no definido.
Información de malla	39
Detalles del sensor	¡Error! Marcador no definido.
Resultados del estudio	40
Conclusión.....	¡Error! Marcador no definido.

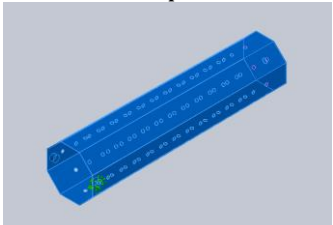


Información de modelo



Nombre del modelo: BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2200
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Sólido importado1 	Sólido	Masa:19.3153 kg Volumen:0.0189365 m ³ Densidad:1020 kg/m ³ Peso:189.29 N	C:\Users\Gladys\Desktop\Solid\ABS 8C 2200mm\Estudio Estatico\biombo1.sldprt Mar 02 11:54:58 2013

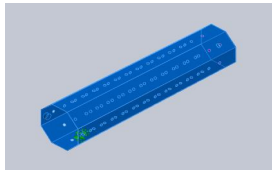
Propiedades del estudio

Nombre de estudio	Estudio de Frecuencia ABS 8C 2200mm
Tipo de análisis	Frecuencias
Tipo de malla	Malla sólida
Número de frecuencias	5
Tipo de solver	Automatic
Muelle blando:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automática
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SolidWorks Flow Simulation	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SolidWorks (c:\users\gladys\appdata\local\temp)

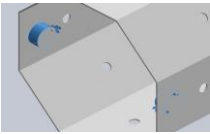
Unidades

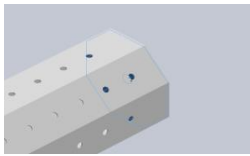
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: ABS Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Desconocido Límite de tracción: 3e+007 N/m² Densidad: 1020 kg/m³ Módulo elástico: 2e+009 N/m² Coeficiente de Poisson: 0.394</p>	Sólido 1(Sólido importado1)(biombo1-1)
Datos de curva:N/A		

Cargas y sujeciones

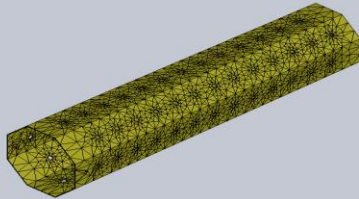
Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		<p>Entidades: 2 cara(s) Tipo: Geometría fija</p>

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		<p>Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 475.1 N</p>

Información de malla

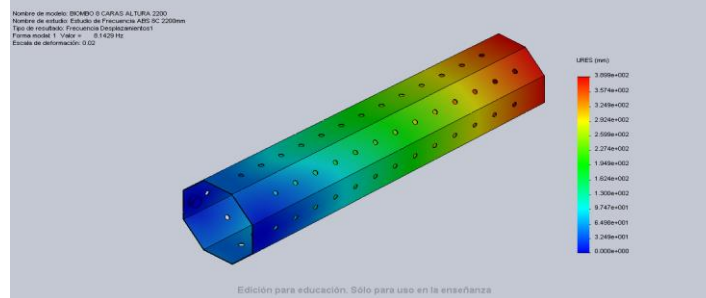
Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	68.6507 mm
Tolerancia	3.43254 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	44185
Número total de elementos	21006
Cociente máximo de aspecto	7.8993e+005
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	0.252
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	16.1
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:40
Nombre de computadora:	GLADYS-PC
<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="font-size: 8px; margin-right: 10px;"> Nombre de modelo: BIOMBO 6 CARAS ALTURA 2200 Nombre de mallador: Método de Fraccionamiento ABS AC 200mm Tipo de malla: Malla de células </div>  </div> <p style="font-size: 8px; text-align: center; margin-top: 5px;">Edición para educación. Sólo para uso en la enseñanza</p>	

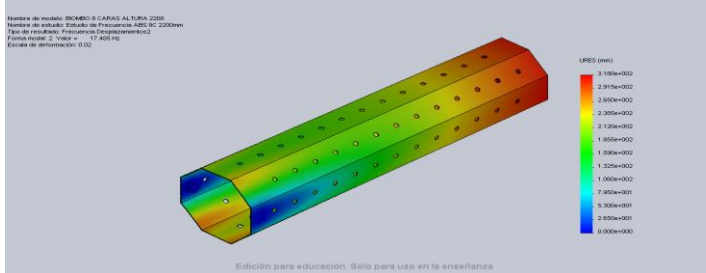
Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante Plot para forma modal: 1(Valor = 8.14291 Hz)	0 mm Nodo: 1471	389.86 mm Nodo: 3578



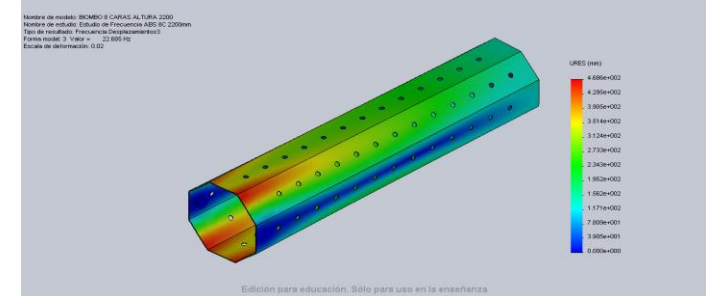
BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2200-Estudio de Frecuencia ABS 8C 2200mm-Desplazamientos-Desplazamientos1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos2	URES: Desplazamiento resultante Plot para forma modal: 2(Valor = 17.4847 Hz)	0 mm Nodo: 1471	317.997 mm Nodo: 3951



BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2200-Estudio de Frecuencia ABS 8C 2200mm-Desplazamientos-Desplazamientos2

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos3	URES: Desplazamiento resultante Plot para forma modal: 3(Valor = 22.6853 Hz)	0 mm Nodo: 1471	468.562 mm Nodo: 12533



BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2200-Estudio de Frecuencia ABS 8C 2200mm-Desplazamientos-Desplazamientos3

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
--------	------	------	------



Desplazamientos4	URES: Desplazamiento resultante Plot para forma modal: 4(Valor = 29.3436 Hz)	0 mm Nodo: 1471	426.426 mm Nodo: 40821
BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2200-Estudio de Frecuencia ABS 8C 2200mm-Desplazamientos-Desplazamientos4			

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos5	URES: Desplazamiento resultante Plot para forma modal: 5(Valor = 37.1103 Hz)	0 mm Nodo: 1471	674.999 mm Nodo: 34633
BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2200-Estudio de Frecuencia ABS 8C 2200mm-Desplazamientos-Desplazamientos5			

Lista de modos

Número de frecuencias	Rad/seg	Hertz	Segundos
1	51.163	8.1429	0.12281
2	109.86	17.485	0.057193
3	142.54	22.685	0.044081
4	184.37	29.344	0.034079
5	233.17	37.11	0.026947

Participación de masa (Normalizada)

Número de modos	Frecuencia(Hertz)	Dirección X	Dirección Y	Dirección Z
1	8.1429	3.1933e-005	0.68499	1.0618e-006
2	17.485	0.87024	4.2685e-007	2.3285e-006
3	22.685	0.00094573	7.9281e-005	2.3413e-005
4	29.344	0.00013247	1.0139e-005	0.015444

5	37.11	0.015579	3.1207e-005	0.00014833
		Sum X = 0.88693	Sum Y = 0.68511	Sum Z = 0.015619

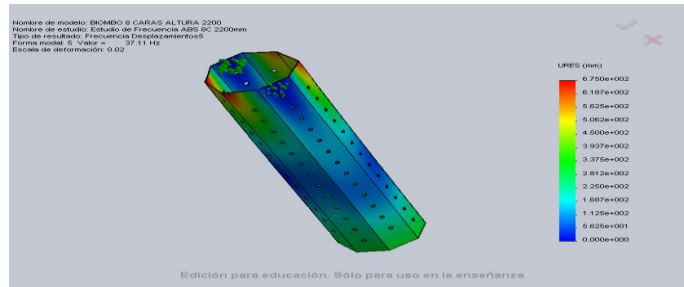


Imagen-1

Simulación de Analisis de Pandeo ABS 8C 2200

Fecha: sábado, 02 de marzo de 2013

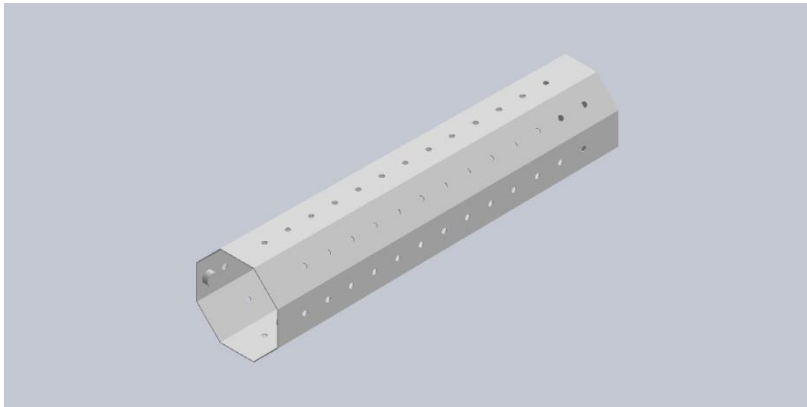
Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: Estudio de Pandeo ABS 8C 2200mm

Tipo de análisis: Pandeo

Table of Contents

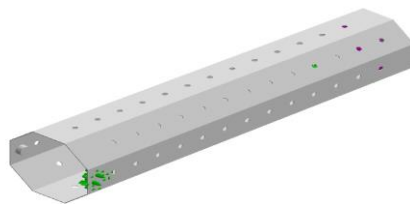
Descripción.....	43
Suposiciones.....	¡Error! Marcador no definido.
Información de modelo.....	44
Propiedades del estudio	44
Unidades	45
Propiedades de material	45
Cargas y sujeciones	45
Definiciones de conector.....	¡Error! Marcador no definido
Información de contacto.....	¡Error! Marcador no definido.
Información de malla	46
Detalles del sensor	¡Error! Marcador no definido.
Resultados del estudio	47
Conclusión.....	¡Error! Marcador no definido.



Descripción

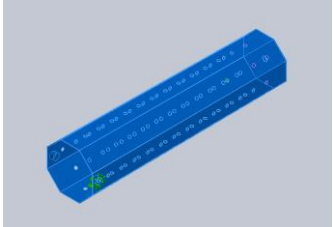
Estudio de Análisis de Pandeo realizado al modelo de 8 caras altura 2200 mm y Plástico ABS

Información de modelo



Nombre del modelo: BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2200
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Sólido importado1 	Sólido	Masa:19.3153 kg Volumen:0.0189365 m ³ Densidad:1020 kg/m ³ Peso:189.29 N	C:\Users\Gladys\Desktop\Solid\ABS 8C 2200mm\Estudio Estatico\biombo1.sldprt Mar 02 11:54:58 2013

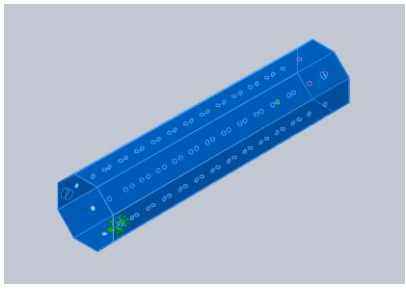
Propiedades del estudio

Nombre de estudio	Estudio de Pandeo ABS 8C 2200mm
Tipo de análisis	Pandeo
Tipo de malla	Malla sólida
Número de modos	1
Tipo de solver	FFEPlus
Opciones de unión rígida incompatibles	Automática
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SolidWorks Flow Simulation	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SolidWorks (c:\users\gladys\appdata\local\temp)

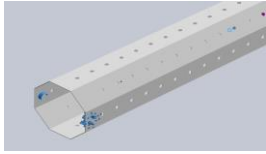
Unidades

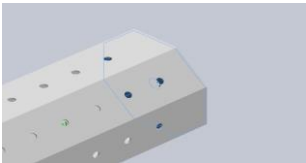
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: ABS Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Desconocido Límite de tracción: 3e+007 N/m² Densidad: 1020 kg/m³ Módulo elástico: 2e+009 N/m² Coeficiente de Poisson: 0.394</p>	<p>Sólido 1(Sólido importado1)(biombo1-1)</p>
Datos de curva:N/A		

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		<p>Entidades: 1 arista(s), 2 cara(s) Tipo: Geometría fija</p>

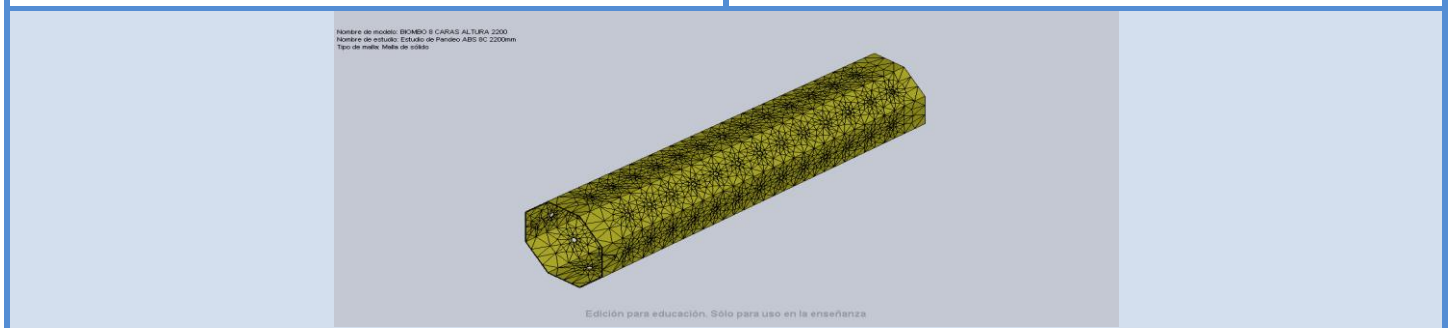
Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		<p>Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 475.1 N</p>

Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	68.6507 mm
Tolerancia	3.43254 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

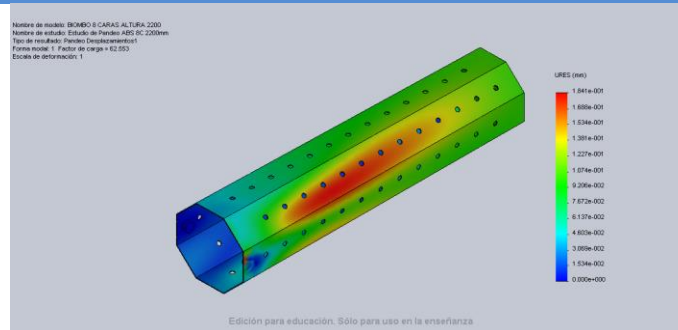
Información de malla - Detalles

Número total de nodos	44185
Número total de elementos	21006
Cociente máximo de aspecto	7.8993e+005
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	0.252
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	16.1
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:46
Nombre de computadora:	GLADYS-PC



Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante Plot para forma modal: 1(Factor de carga = 62.5527)	0 mm Nodo: 943	0.184119 mm Nodo: 13082



BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2200-Estudio de Pandeo ABS 8C 2200mm-Desplazamientos-Desplazamientos1

Lista de modos

Número de modos	Factor de cargas
1	62.553

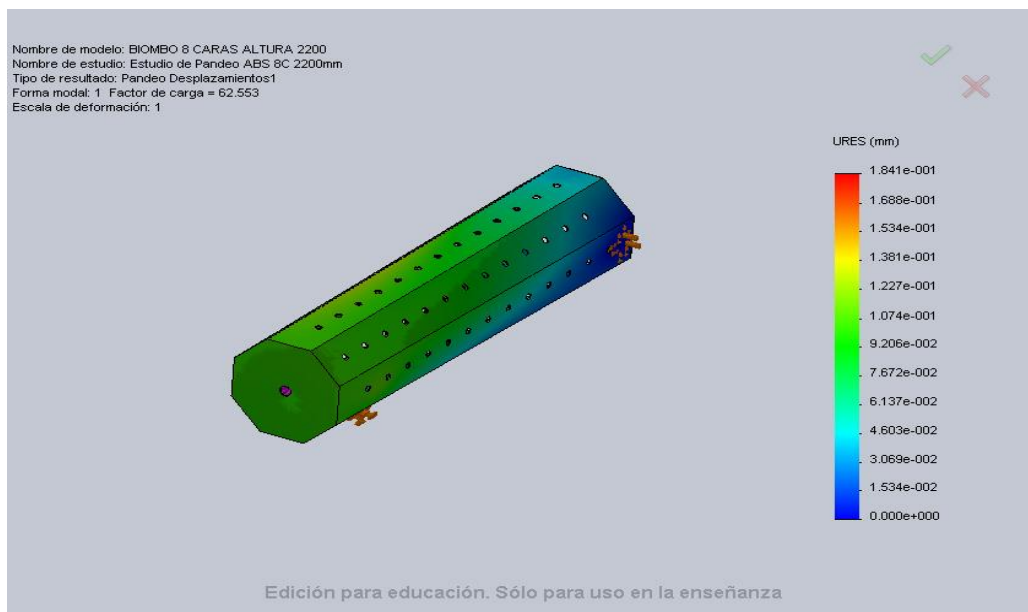
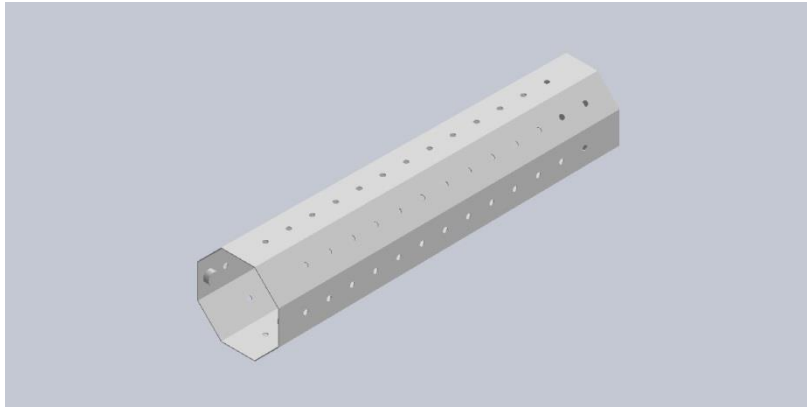


Imagen-1

Simulación de Analisis Estatico ABS 8C 2200

Fecha: sábado, 02 de marzo de 2013
Diseñador: Solidworks
Nombre de estudio: Estudio Estatico ABS 8C 2200mm
Tipo de análisis: Estático



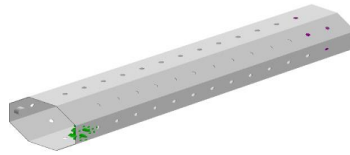
Descripción

Estudio de Análisis Estático realizado al modelo de 8 caras altura 2200 mm y Plástico ABS

Table of Contents

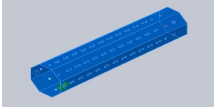
Descripción.....	48
Suposiciones.....	¡Error! Marcador no definido.
Información de modelo.....	49
Propiedades del estudio	49
Unidades	50
Propiedades de material	50
Cargas y sujeciones	50
Definiciones de conector.....	¡Error! Marcador no definido
Información de contacto.....	¡Error! Marcador no definido.
Información de malla	51
Detalles del sensor	¡Error! Marcador no definido.
Fuerzas resultantes	52
Vigas.....	¡Error! Marcador no definido.
Resultados del estudio	53
Conclusión	¡Error! Marcador no definido.

Información de modelo



Nombre del modelo: BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2200
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Sólido importado1 	Sólido	Masa:19.3153 kg Volumen:0.0189365 m ³ Densidad:1020 kg/m ³ Peso:189.29 N	C:\Users\Gladys\Desktop\Solid\ABS 8C 2200mm\biombo1.sldprt Mar 02 11:13:58 2013

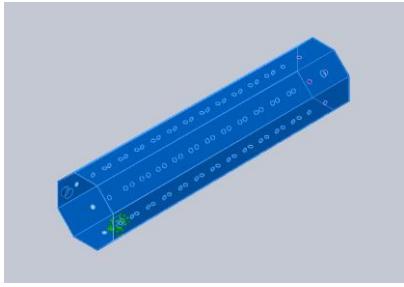
Propiedades del estudio

Nombre de estudio	Estudio Estatico ABS 8C 2200mm
Tipo de análisis	Estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SolidWorks Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automática
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SolidWorks (c:\users\gladys\appdata\local\temp)


Unidades

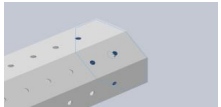
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	Nombre: ABS Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Desconocido Límite de tracción: 3e+007 N/m² Módulo elástico: 2e+009 N/m² Coeficiente de Poisson: 0.394 Densidad: 1020 kg/m³ Módulo cortante: 3.189e+008 N/m²	Sólido 1(Sólido importado1)(biombo1-1)
Datos de curva:N/A		

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Geometría fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-0.87044	10.5156	462.792	462.912
Momento de reacción(N-m)	0	0	0	0

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 475.1 N

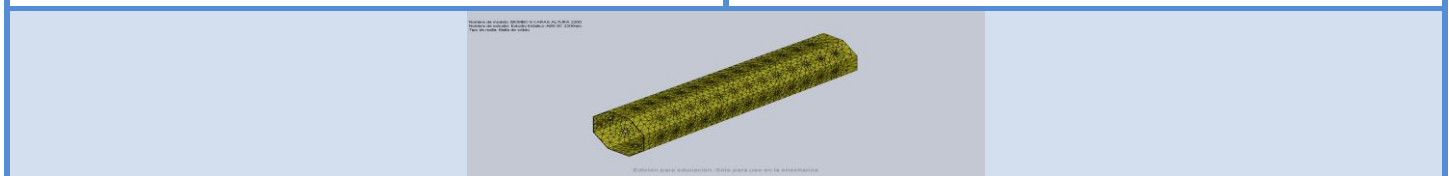


Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	54.9206 mm
Tolerancia	2.74603 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	44369
Número total de elementos	21045
Cociente máximo de aspecto	34.317
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	0.223
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	10.3
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:37
Nombre de computadora:	GLADYS-PC



Fuerzas resultantes

Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N	-0.87044	10.5156	462.792	462.912

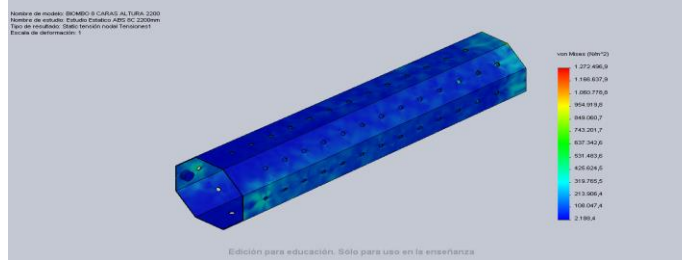
Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N-m	0	0	0	0



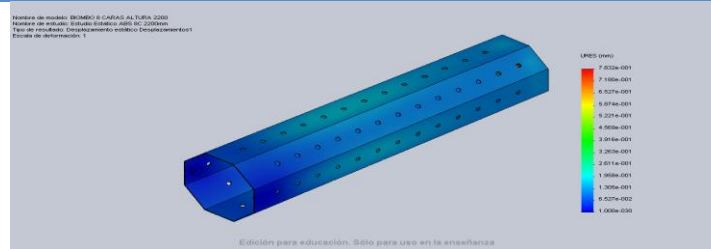
Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	2188.35 N/m ² Nodo: 7621	1.2725e+006 N/m ² Nodo: 42468



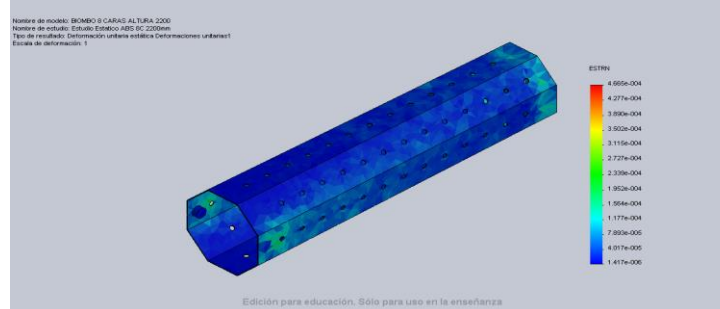
BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2200-Estudio Estático ABS 8C 2200mm-Tensiones-Tensiones1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante	0 mm Nodo: 1471	0.78322 mm Nodo: 42467



BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2200-Estudio Estático ABS 8C 2200mm-Desplazamientos-Desplazamientos1

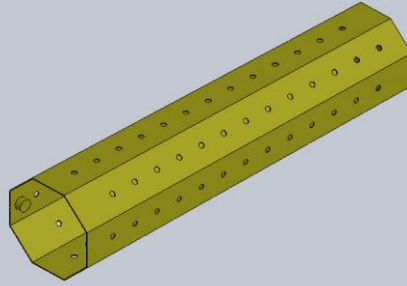
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	1.41673e-006 Elemento: 1287	0.000466481 Elemento: 9782



BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2200-Estudio Estático ABS 8C 2200mm-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1

Nombre	Tipo
Desplazamientos1{1}	Forma deformada

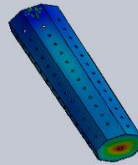
Nombre de modelo: BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2200
Nombre de estudio: Estudio Estático ABS 8C 2200mm
Tipo de resultado: Forma deformada Desplazamientos1
Escala de deformación: 1



Edición para educación. Sólo para uso en la enseñanza

BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2200-Estudio Estático ABS 8C 2200mm-Desplazamientos-Desplazamientos1{1}

Nombre de modelo: BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2200
Nombre de estudio: Estudio Estático ABS 8C 2200mm
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1
Escala de deformación: 1



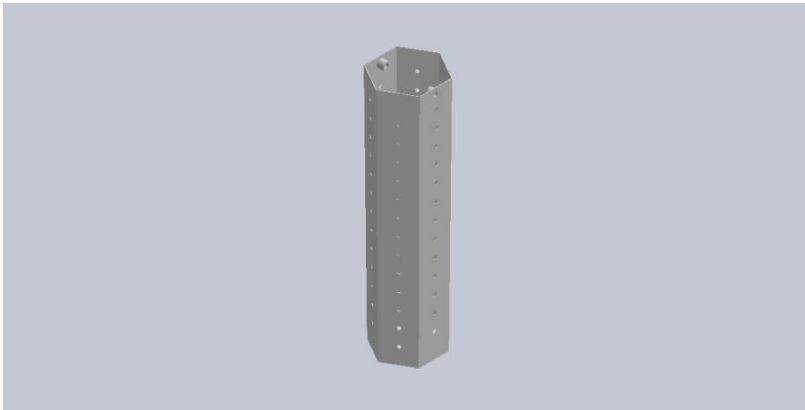
Edición para educación. Sólo para uso en la enseñanza

Imagen-1

ANEXO D

Analisis HIPS 6C 2200 Milímetros

Analisis de Frecuencias



Descripción

No hay datos

Simulación de Analisis de Frecuencia HIPS 6C 2200

Fecha: sábado, 02 de marzo de 2013

Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: Estudio de Frecuencia HIPS 6C 2200mm

Tipo de análisis: Frecuencias

Table of Contents

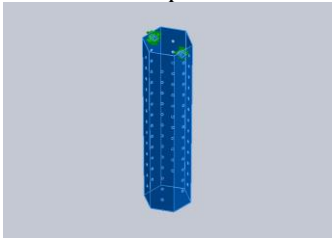
Descripción.....	55
Suposiciones.....	¡Error! Marcador no definido.
Información de modelo.....	56
Propiedades del estudio	56
Unidades	57
Propiedades de material	57
Cargas y sujeciones	57
Definiciones de conector.....	¡Error! Marcador no definido
Información de contacto.....	¡Error! Marcador no definido.
Información de malla	58
Detalles del sensor	¡Error! Marcador no definido.
Resultados del estudio	59
Conclusión	¡Error! Marcador no definido.

Información de modelo



Nombre del modelo: BIOMBO 6 CARAS ALTURA 2200
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Sólido importado1 	Sólido	Masa:21.5069 kg Volumen:0.0199138 m ³ Densidad:1080 kg/m ³ Peso:210.768 N	C:\Users\Gladys\Desktop\Solid\ABS 6C 2200mm\Análisis Estático\biombo 3-1.sldprt Mar 02 17:16:15 2013

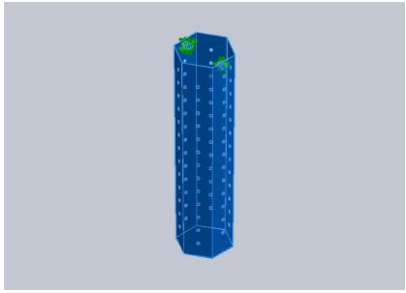
Propiedades del estudio

Nombre de estudio	Estudio de Frecuencia HIPS 6C 2200mm
Tipo de análisis	Frecuencias
Tipo de malla	Malla sólida
Número de frecuencias	5
Tipo de solver	Automatic
Muelle blando:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automática
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SolidWorks Flow Simulation	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SolidWorks (c:\users\gladys\appdata\local\temp)

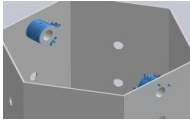
Unidades

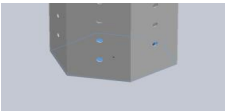
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: HIPS Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Desconocido Límite de tracción: 2.4e+007 N/m² Densidad: 1080 kg/m³ Módulo elástico: 2.1e+009 N/m² Coeficiente de dilatación térmica: 70 /Kelvin</p>	<p>Sólido 1(Sólido importado1)(biombo 3-1-1)</p>
Datos de curva:N/A		

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		<p>Entidades: 2 cara(s) Tipo: Geometría fija</p>

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		<p>Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 426.6 N</p>

Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	80.2511 mm
Tolerancia	4.01256 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

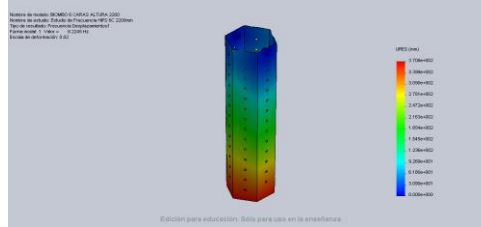
Información de malla - Detalles

Número total de nodos	32322
Número total de elementos	15319
Cociente máximo de aspecto	70.397
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	0.574
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	27.2
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:25
Nombre de computadora:	GLADYS-PC



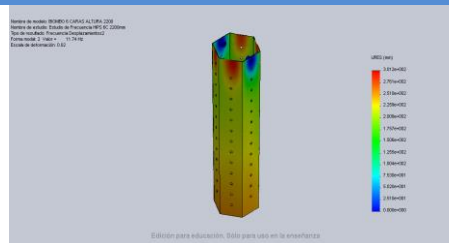
Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante Plot para forma modal: 1(Valor = 8.22452 Hz)	0 mm Nodo: 201	370.771 mm Nodo: 1446



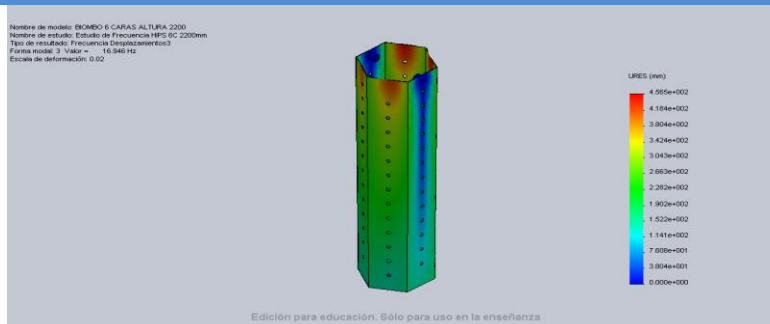
BIOMBO 6 CARAS ALTURA 2200-Estudio de Frecuencia HIPS 6C 2200mm-Desplazamientos-Desplazamientos1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos2	URES: Desplazamiento resultante Plot para forma modal: 2(Valor = 11.7404 Hz)	0 mm Nodo: 201	301.205 mm Nodo: 24345



BIOMBO 6 CARAS ALTURA 2200-Estudio de Frecuencia HIPS 6C 2200mm-Desplazamientos-Desplazamientos2

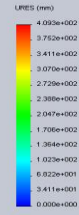
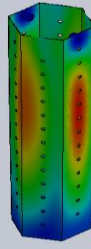
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos3	URES: Desplazamiento resultante Plot para forma modal: 3(Valor = 16.9463 Hz)	0 mm Nodo: 201	456.47 mm Nodo: 3489



BIOMBO 6 CARAS ALTURA 2200-Estudio de Frecuencia HIPS 6C 2200mm-Desplazamientos-Desplazamientos3

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos4	URES: Desplazamiento resultante Plot para forma modal: 4(Valor = 24.643 Hz)	0 mm Nodo: 201	409.342 mm Nodo: 31557

Nombre de modelo: BIOMBO 6 CARAS ALTURA 2200
 Nombre de estudio: Estudio de Frecuencia HIPS 6C 2200mm
 Tipo de resultado: Frecuencia Desplazamientos4
 Forma modal: 5 Valor = 36.8635 Hz
 Escala de deformación: 0.02

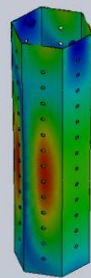


Edición para educación. Sólo para uso en la enseñanza

BIOMBO 6 CARAS ALTURA 2200-Estudio de Frecuencia HIPS 6C 2200mm-Desplazamientos-Desplazamientos4

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos5	URES: Desplazamiento resultante Plot para forma modal: 5(Valor = 36.8635 Hz)	0 mm Nodo: 201	447.15 mm Nodo: 7869

Nombre de modelo: BIOMBO 6 CARAS ALTURA 2200
 Nombre de estudio: Estudio de Frecuencia HIPS 6C 2200mm
 Tipo de resultado: Frecuencia Desplazamientos5
 Forma modal: 5 Valor = 36.8635 Hz
 Escala de deformación: 0.02



Edición para educación. Sólo para uso en la enseñanza

BIOMBO 6 CARAS ALTURA 2200-Estudio de Frecuencia HIPS 6C 2200mm-Desplazamientos-Desplazamientos5

Lista de modos

Número de frecuencias	Rad/seg	Hertz	Segundos
1	51.676	8.2245	0.12159
2	73.767	11.74	0.085176
3	106.48	16.946	0.05901
4	154.84	24.643	0.040579
5	231.62	36.863	0.027127

Participación de masa (Normalizada)

Número de modos	Frecuencia(Hertz)	Dirección X	Dirección Y	Dirección Z
1	8.2245	4.3214e-005	7.2949e-008	0.67737
2	11.74	0.94131	6.0056e-007	7.6774e-005
3	16.946	0.00077709	4.2509e-007	5.8137e-005
4	24.643	0.00025954	0.001292	0.00032989

5	36.863	2.599e-007	1.9132e-005	0.00051102
		Sum X = 0.94239	Sum Y = 0.0013122	Sum Z = 0.67835

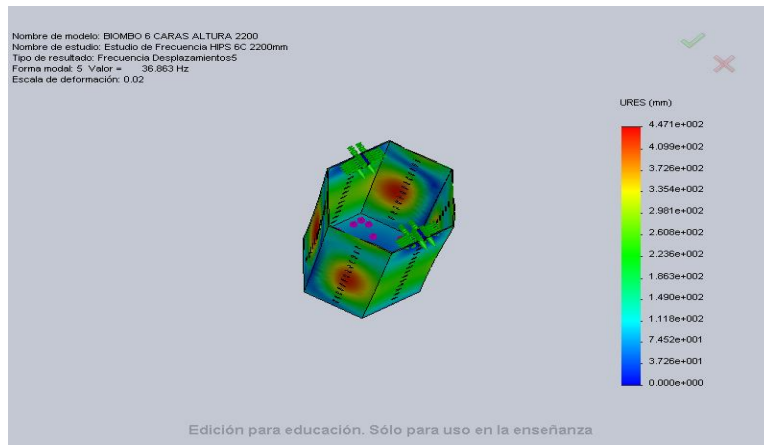


Imagen-1

Simulación de Analisis de Pandeo HIPS 6C 2200

Fecha: sábado, 02 de marzo de 2013

Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: Estudio de Pandeo HIPS 6C 2200mm

Tipo de análisis: Pandeo

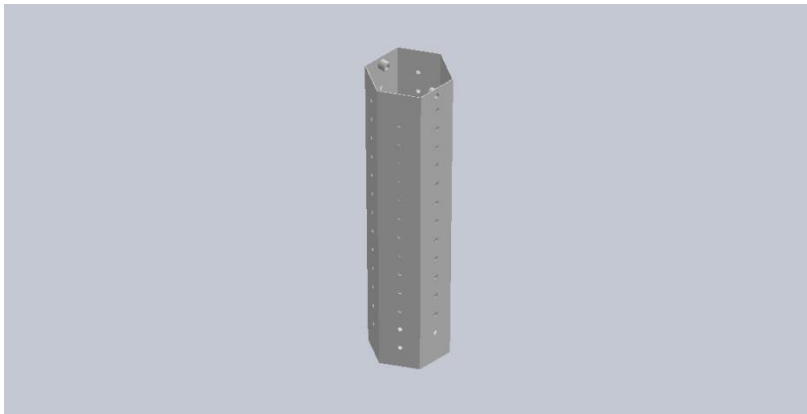


Table of Contents

Descripción.....	62
Suposiciones.....	¡Error! Marcador no definido.
Información de modelo.....	63
Propiedades del estudio	63
Unidades	64
Propiedades de material	64
Cargas y sujeciones	64
Definiciones de conector.....	¡Error! Marcador no definido
Información de contacto.....	¡Error! Marcador no definido.
Información de malla	65
Detalles del sensor	¡Error! Marcador no definido.
Resultados del estudio	66
Conclusión.....	¡Error! Marcador no definido.

Descripción

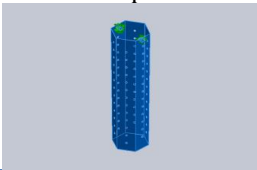
Estudio de Análisis de Pandeo realizado al modelo de 6 caras altura 2200 mm y Plástico HIPS

Información de modelo



Nombre del modelo: BIOMBO 6 CARAS ALTURA 2200
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Sólido importado1 	Sólido	Masa:21.5069 kg Volumen:0.0199138 m ³ Densidad:1080 kg/m ³ Peso:210.768 N	C:\Users\Gladys\Desktop\Solid\ABS 6C 2200mm\Análisis Estático\biombo 3-1.sldprt Mar 02 17:16:15 2013

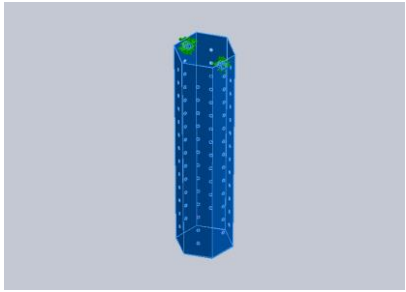
Propiedades del estudio

Nombre de estudio	Estudio de Pandeo HIPS 6C 2200mm
Tipo de análisis	Pandeo
Tipo de malla	Malla sólida
Número de modos	1
Tipo de solver	FFEPlus
Opciones de unión rígida incompatibles	Automática
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SolidWorks Flow Simulation	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SolidWorks (c:\users\gladys\appdata\local\temp)

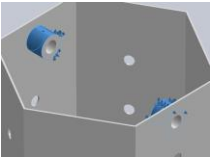
Unidades

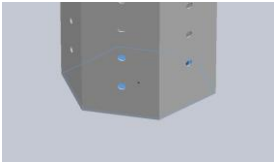
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: HIPS Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Desconocido Límite de tracción: 2.4e+007 N/m² Densidad: 1080 kg/m³ Módulo elástico: 2.1e+009 N/m² Coeficiente de dilatación térmica: 70 /Kelvin</p>	<p>Sólido 1(Sólido importado1)(biombo 3-1-1)</p>
Datos de curva:N/A		

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		<p>Entidades: 2 cara(s) Tipo: Geometría fija</p>

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		<p>Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 426.6 N</p>



Información de malla

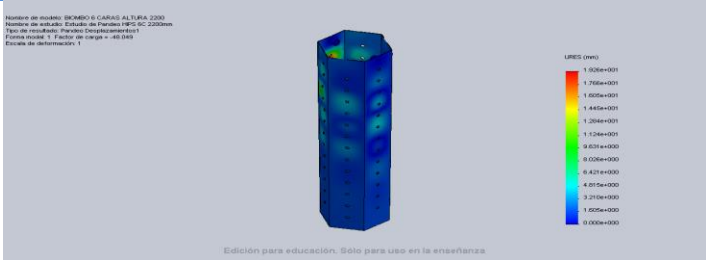
Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	83.067 mm
Tolerancia	4.15335 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	32146
Número total de elementos	15214
Cociente máximo de aspecto	72.818
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	0.578
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	26.9
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:26
Nombre de computadora:	GLADYS-PC



Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante Plot para forma modal: 1(Factor de carga = -48.049)	0 mm Nodo: 201	19.2618 mm Nodo: 5158
 <p>Nombre de modelo: BIOMBO 6 CARAS ALTURA 2200 Nombre de estudio: Estudio de Pandeo HPS 6C 2200mm Tipo de resultado: Pandeo Desplazamientos1 Forma modal: 1, Factor de carga = -48.049 Escala de deformación: 1</p> <p>Edición para educación. Sólo para uso en la enseñanza</p>			
<p>BIOMBO 6 CARAS ALTURA 2200-Estudio de Pandeo HPS 6C 2200mm-Desplazamientos-Desplazamientos1</p>			

Lista de modos

Número de modos	Factor de cargas
1	-48.049

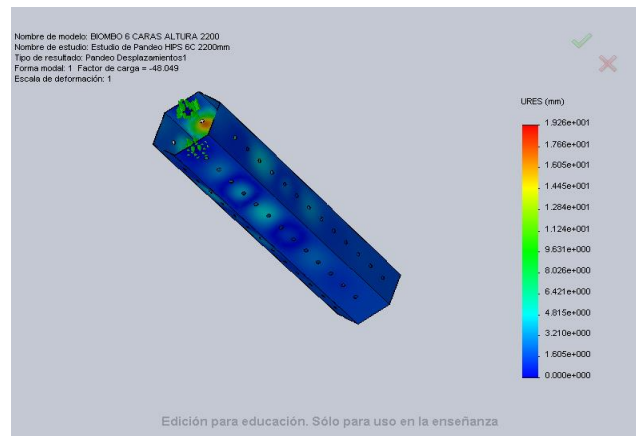
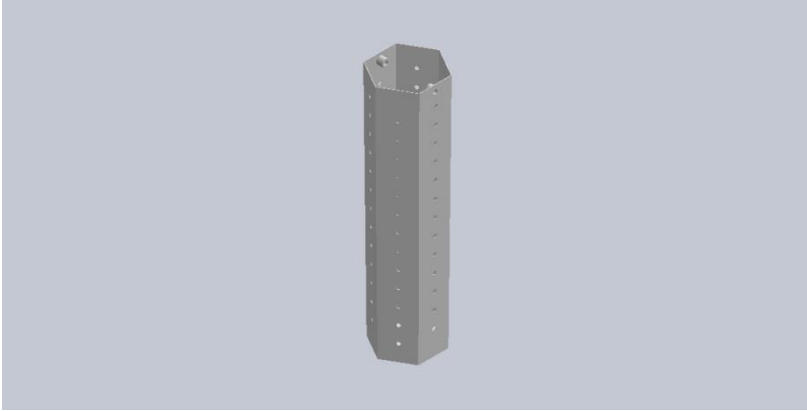


Imagen-1

Analisis Estatico



Descripción

Estudio de Análisis Estatico realizado al modelo de 6 caras altura 2200 mm y Plástico HIPS

Simulación de Analisis Estatico HIPS 6C 2200

Fecha: sábado, 02 de marzo de 2013

Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: Estudio Estatico HIPS 6C 2200mm

Tipo de análisis: Estático

Table of Contents

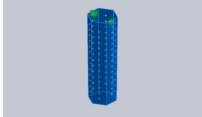
Descripción.....	67
Suposiciones.....	¡Error! Marcador no definido.
Información de modelo.....	68
Propiedades del estudio	68
Unidades	69
Propiedades de material	69
Cargas y sujeciones	69
Definiciones de conector.....	¡Error! Marcador no definido
Información de contacto.....	¡Error! Marcador no definido.
Información de malla	70
Detalles del sensor	¡Error! Marcador no definido.
Fuerzas resultantes	71
Vigas.....	¡Error! Marcador no definido.
Resultados del estudio	72
Conclusión.....	¡Error! Marcador no definido.

Información de modelo



Nombre del modelo: BIOMBO 6 CARAS ALTURA 2200
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Sólido importado1 	Sólido	Masa:21.5069 kg Volumen:0.0199138 m ³ Densidad:1080 kg/m ³ Peso:210.768 N	C:\Users\Gladys\Desktop\Solid\ABS 6C 2200mm\Análisis Estático\biombo 3-1.sldprt Mar 02 17:16:15 2013

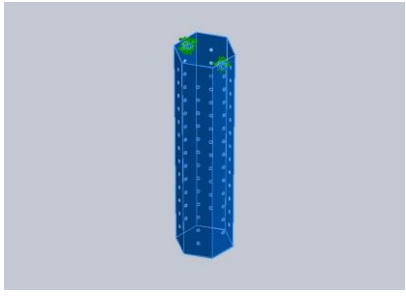
Propiedades del estudio

Nombre de estudio	Estudio Estático HIPS 6C 2200mm
Tipo de análisis	Estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SolidWorks Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automática
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SolidWorks (c:\users\gladys\appdata\local\temp)

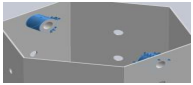
Unidades

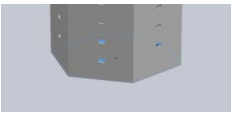
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	Nombre: HIPS Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Desconocido Límite de tracción: 2.4e+007 N/m² Módulo elástico: 2.1e+009 N/m² Densidad: 1080 kg/m³ Coeficiente de dilatación térmica: 70 /Kelvin	Sólido 1(Sólido importado1)(biombo 3-1-1)
Datos de curva:N/A		

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Geometría fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	0.0271428	426.589	0.0131149	426.589
Momento de reacción(N-m)	0	0	0	0

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 426.6 N



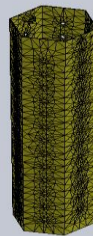
Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	73.2116 mm
Tolerancia	3.66058 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	32513
Número total de elementos	15281
Cociente máximo de aspecto	45.274
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	0.484
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	25
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:26
Nombre de computadora:	GLADYS-PC

Nombre de modelo: BIOMBO 6 CARAS ALTURA 2200
 Nombre de estudio: Estudio Estático HPS 60 2200mm
 Tipo de malla: Malla de volúmenes



Edición para educación. Sólo para uso en la enseñanza

Fuerzas resultantes

Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N	0.0271428	426.589	0.0131149	426.589

Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N-m	0	0	0	0



Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	574.572 N/m ² Nodo: 26485	1.22907e+006 N/m ² Nodo: 1443
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="font-size: 8px; margin-right: 10px;"> Nombre de modelo: BIOMBO 6 CARAS ALTURA 2200 Nombre de estudio: Estudio Estático HIPS 6C 2200mm Tipo de resultado: Stress tensión nodal Tensiones1 Escala de deformación: 1 </div> <div style="flex-grow: 1; text-align: center;"> </div> </div> <p style="text-align: center; font-size: 8px;">Edición para educación. Sólo para uso en la enseñanza</p> <p style="text-align: center;">BIOMBO 6 CARAS ALTURA 2200-Estudio Estático HIPS 6C 2200mm-Tensiones-Tensiones1</p>			

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante	0 mm Nodo: 199	0.690488 mm Nodo: 8485
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="font-size: 8px; margin-right: 10px;"> Nombre de modelo: BIOMBO 6 CARAS ALTURA 2200 Nombre de estudio: Estudio Estático HIPS 6C 2200mm Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1 Escala de deformación: 1 </div> <div style="flex-grow: 1; text-align: center;"> </div> </div> <p style="text-align: center; font-size: 8px;">Edición para educación. Sólo para uso en la enseñanza</p> <p style="text-align: center;">BIOMBO 6 CARAS ALTURA 2200-Estudio Estático HIPS 6C 2200mm-Desplazamientos-Desplazamientos1</p>			

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	4.10596e-007 Elemento: 8043	0.000199847 Elemento: 3601
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="font-size: 8px; margin-right: 10px;"> Nombre de modelo: BIOMBO 6 CARAS ALTURA 2200 Nombre de estudio: Estudio Estático HIPS 6C 2200mm Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias1 Escala de deformación: 1 </div> <div style="flex-grow: 1; text-align: center;"> </div> </div> <p style="text-align: center; font-size: 8px;">Edición para educación. Sólo para uso en la enseñanza</p> <p style="text-align: center;">BIOMBO 6 CARAS ALTURA 2200-Estudio Estático HIPS 6C 2200mm-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1</p>			

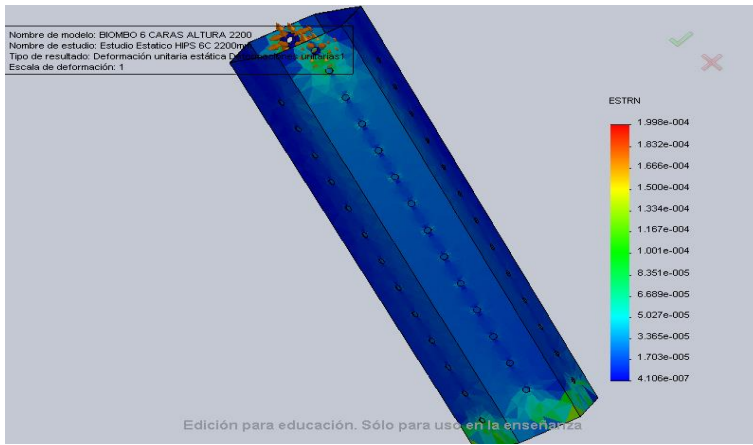
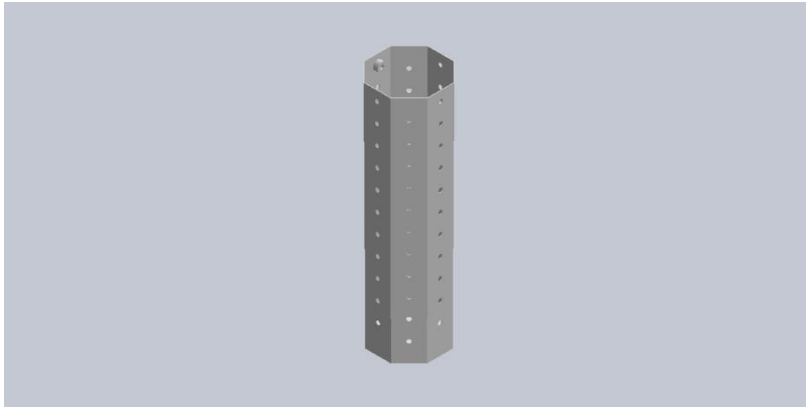


Imagen-1

ANEXO E

Analisis HIPS 8C 1800 Milímetros

Analisis de Frecuencias



Descripción

Estudio de Análisis de Frecuencia realizado al modelo de 8 caras altura 1800 mm y Plástico HIPS

Simulación de Analisis de Frecuencia HIPS 8C 1800

Fecha: sábado, 02 de marzo de 2013

Diseñador: Solidworks

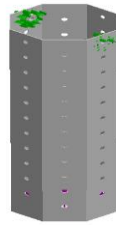
Nombre de estudio: Estudio de Frecuencia HIPS 8C 1800mm

Tipo de análisis: Frecuencias

Table of Contents


Descripción.....	74
Suposiciones.....	¡Error! Marcador no definido.
Información de modelo.....	75
Propiedades del estudio	75
Unidades	76
Propiedades de material	76
Cargas y sujeciones	76
Definiciones de conector.....	¡Error! Marcador no definido
Información de contacto.....	¡Error! Marcador no definido.
Información de malla	77
Detalles del sensor	¡Error! Marcador no definido.
Resultados del estudio	78
Conclusión.....	¡Error! Marcador no definido.

Información de modelo



Nombre del modelo: BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2034
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Sólido importado1 	Sólido	Masa:16.586 kg Volumen:0.0153574 m ³ Densidad:1080 kg/m ³ Peso:162.543 N	C:\Users\Gladys\Desktop\Solid\ABS 8C 1800mm\Análisis Estático\biombo4.sldprt Mar 02 00:09:42 2013

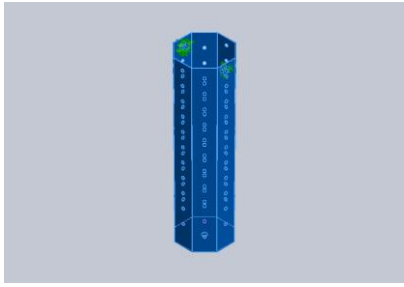
Propiedades del estudio

Nombre de estudio	Estudio de Frecuencia HIPS 8C 1800mm
Tipo de análisis	Frecuencias
Tipo de malla	Malla sólida
Número de frecuencias	5
Tipo de solver	Automatic
Muelle blando:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automática
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SolidWorks Flow Simulation	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SolidWorks (c:\users\gladys\appdata\local\temp)

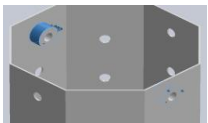
Unidades

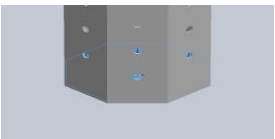
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: HIPS Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Desconocido Límite de tracción: 2.4e+007 N/m² Densidad: 1080 kg/m³ Módulo elástico: 2.1e+009 N/m² Coeficiente de dilatación térmica: 70 /Kelvin</p>	<p>Sólido 1(Sólido importado1)(biombo4-1)</p>
Datos de curva:N/A		

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		<p>Entidades: 2 cara(s) Tipo: Geometría fija</p>

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		<p>Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 404.3 N</p>

Información de malla

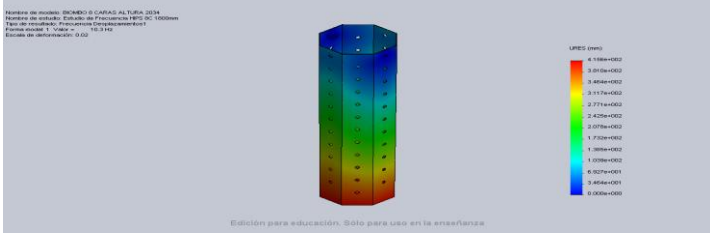
Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	49.5079 mm
Tolerancia	2.47539 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

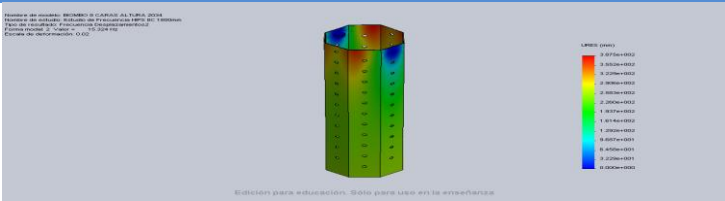
Información de malla - Detalles

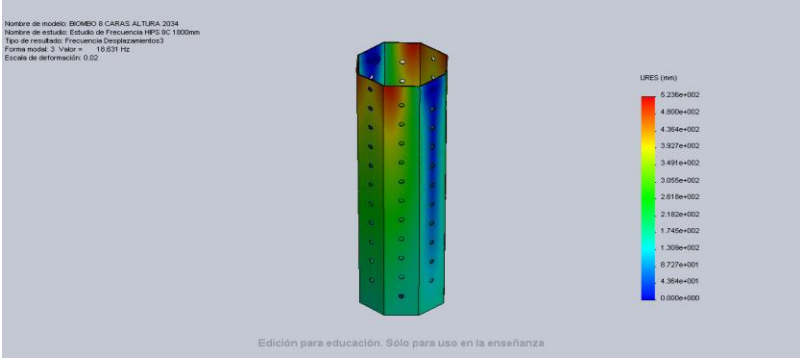
Número total de nodos	37171
Número total de elementos	17546
Cociente máximo de aspecto	32.855
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	0.667
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	8.34
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:56
Nombre de computadora:	GLADYS-PC



Resultados del estudio

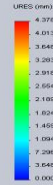
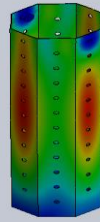
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante Plot para forma modal: 1(Valor = 10.3004 Hz)	0 mm Nodo: 1251	415.643 mm Nodo: 5245
 <p>BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2034-Estudio de Frecuencia HIPS 8C 1800mm-Desplazamientos-Desplazamientos1</p>			

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos2	URES: Desplazamiento resultante Plot para forma modal: 2(Valor = 15.3236 Hz)	0 mm Nodo: 1251	387.479 mm Nodo: 4634
 <p>BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2034-Estudio de Frecuencia HIPS 8C 1800mm-Desplazamientos-Desplazamientos2</p>			

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos3	URES: Desplazamiento resultante Plot para forma modal: 3(Valor = 18.6309 Hz)	0 mm Nodo: 1251	523.647 mm Nodo: 3646
 <p>BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2034-Estudio de Frecuencia HIPS 8C 1800mm-Desplazamientos-Desplazamientos3</p>			

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos4	URES: Desplazamiento resultante Plot para forma modal: 4(Valor = 34.4821 Hz)	0 mm Nodo: 1251	437.77 mm Nodo: 34281

Nombre de modo: BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2034
 Nombre de estudio: Estudio de Frecuencia HIPS 8C 1800mm
 Tipo de resultado: Frecuencia Desplazamientos4
 Forma modal: 4 Valor = 45.141 Hz
 Escala de deformación: 0.02

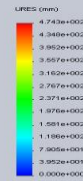
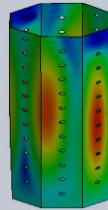


Edición para educación. Sólo para uso en la enseñanza

BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2034-Estudio de Frecuencia HIPS 8C 1800mm-Desplazamientos-Desplazamientos4

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos5	URES: Desplazamiento resultante Plot para forma modal: 5(Valor = 45.1412 Hz)	0 mm Nodo: 1251	474.293 mm Nodo: 546

Nombre de modo: BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2034
 Nombre de estudio: Estudio de Frecuencia HIPS 8C 1800mm
 Tipo de resultado: Frecuencia Desplazamientos5
 Forma modal: 5 Valor = 45.141 Hz
 Escala de deformación: 0.02



Edición para educación. Sólo para uso en la enseñanza

BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2034-Estudio de Frecuencia HIPS 8C 1800mm-Desplazamientos-Desplazamientos5

Lista de modos

Número de frecuencias	Rad/seg	Hertz	Segundos
1	64.719	10.3	0.097084
2	96.281	15.324	0.065259
3	117.06	18.631	0.053674
4	216.66	34.482	0.029001
5	283.63	45.141	0.022153

Participación de masa (Normalizada)

Número de modos	Frecuencia(Hertz)	Dirección X	Dirección Y	Dirección Z
1	10.3	3.6901e-006	4.4889e-010	0.66508
2	15.324	0.91021	9.4592e-010	5.0316e-006
3	18.631	8.2745e-005	2.0619e-007	5.5946e-006
4	34.482	1.5243e-005	0.0060288	5.9966e-008
5	45.141	0.018391	2.8397e-007	0.00013512
		Sum X = 0.9287	Sum Y = 0.0060293	Sum Z = 0.66522

Analisis de Pandeo

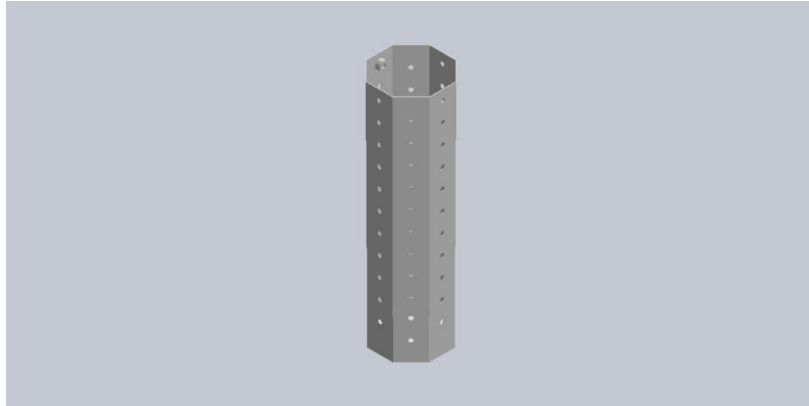
Simulación de Analisis de Pandeo HIPS 8C 1800

Fecha: sábado, 02 de marzo de 2013

Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: Estudio de Pandeo HIPS 8C 1800mm

Tipo de análisis: Pandeo



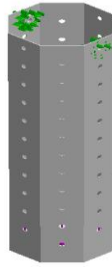
Descripción

Estudio de Análisis de Pandeo realizado al modelo de 8 caras altura 1800 mm y Plástico HIPS

Table of Contents

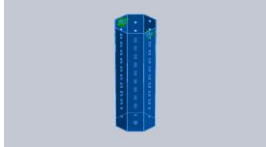
Descripción.....	80
Suposiciones.....	¡Error! Marcador no definido.
Información de modelo.....	81
Propiedades del estudio	81
Unidades	82
Propiedades de material	82
Cargas y sujeciones	82
Definiciones de conector.....	¡Error! Marcador no definido
Información de contacto.....	¡Error! Marcador no definido.
Información de malla	83
Detalles del sensor	¡Error! Marcador no definido.
Resultados del estudio	84
Conclusión.....	¡Error! Marcador no definido.

Información de modelo



Nombre del modelo: BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2034
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Sólido importado1 	Sólido	Masa:16.586 kg Volumen:0.0153574 m ³ Densidad:1080 kg/m ³ Peso:162.543 N	C:\Users\Gladys\Desktop\Solid\ABS 8C 1800mm\Análisis Estático\biombo4.sldprt Mar 02 00:09:42 2013

Propiedades del estudio

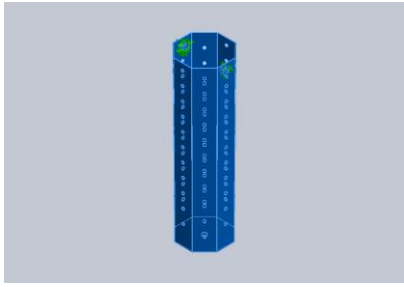
Nombre de estudio	Estudio de Pandeo HIPS 8C 1800mm
Tipo de análisis	Pandeo
Tipo de malla	Malla sólida
Número de modos	1
Tipo de solver	FFEPlus
Opciones de unión rígida incompatibles	Automática
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SolidWorks Flow Simulation	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SolidWorks (c:\users\gladys\appdata\local\temp)




Unidades

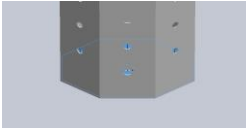
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: HIPS Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Desconocido Límite de tracción: 2.4e+007 N/m² Densidad: 1080 kg/m³ Módulo elástico: 2.1e+009 N/m² Coeficiente de dilatación térmica: 70 /Kelvin</p>	<p>Sólido 1(Sólido importado1)(biombo4-1)</p>
Datos de curva:N/A		

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		<p>Entidades: 2 cara(s) Tipo: Geometría fija</p>

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		<p>Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: -404.3 N</p>

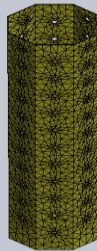
Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	49.5079 mm
Tolerancia	2.47539 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

Información de malla - Detalles

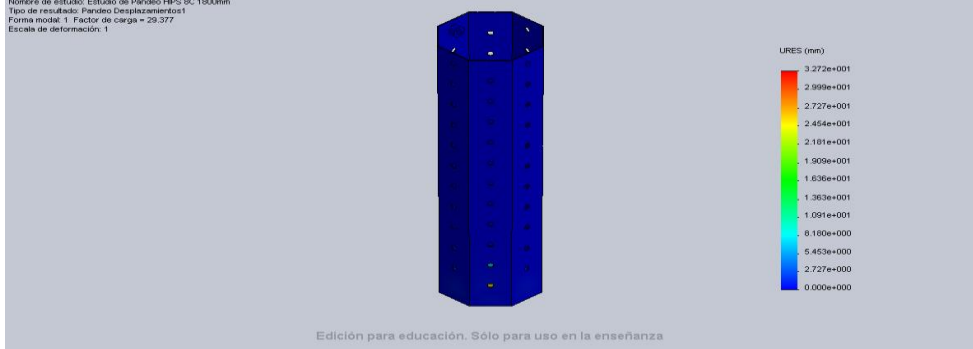
Número total de nodos	37171
Número total de elementos	17546
Cociente máximo de aspecto	32.855
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	0.667
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	8.34
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:51
Nombre de computadora:	GLADYS-PC

Nombre de modelo: BIOMBO 6 CARAS ALTURA 2200
 Nombre de estudio: Estudio de Plástico PPS-BC 1800mm
 Tipo de malla: Malla de sólido



Edición para educación. Sólo para uso en la enseñanza

Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máy.
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante Plot para forma modal: 1(Factor de carga = 29.3767)	0 mm Nodo: 1251	32.7191 mm Nodo: 4234
<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: space-between;"> <div style="font-size: 8px; width: 20%;"> <p>Nombre de modelo: BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2034 Nombre de estudio: Estudio de Pandeo HPS 8C 1800mm Tipo de resultado: Pandeo Desplazamientos1 Forma modal: 1. Factor de carga = 29.377 Escala de deformación: 1</p> </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="font-size: 8px; width: 20%;"> <p>URES (mm)</p> <p>3.272e+001 2.999e+001 2.727e+001 2.454e+001 2.181e+001 1.909e+001 1.636e+001 1.363e+001 1.091e+001 0.818e+000 0.545e+000 0.272e+000 0.000e+000</p> </div> </div> <p style="text-align: center; font-size: 8px;">Edición para educación. Sólo para uso en la enseñanza</p> <p style="text-align: center; font-weight: bold;">BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2034-Estudio de Pandeo HPS 8C 1800mm-Desplazamientos-Desplazamientos1</p>			

Lista de modos

Número de modos	Factor de cargas
1	29.377

Simulación de Analisis Estatico HIPS 8C 1800

Fecha: sábado, 02 de marzo de 2013

Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: Estudio Estatico HIPS 8C 1800mm

Tipo de análisis: Estático

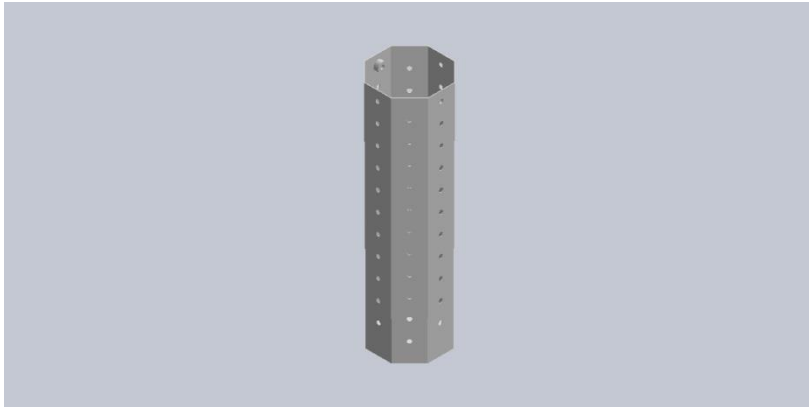


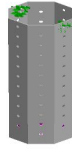
Table of Contents

Descripción.....	85
Suposiciones.....	¡Error! Marcador no definido.
Información de modelo.....	86
Propiedades del estudio	86
Unidades	87
Propiedades de material	87
Cargas y sujeciones	87
Definiciones de conector.....	¡Error! Marcador no definido
Información de contacto.....	¡Error! Marcador no definido.
Información de malla	88
Detalles del sensor	¡Error! Marcador no definido.
Fuerzas resultantes	89
Vigas.....	¡Error! Marcador no definido.
Resultados del estudio	90
Conclusión	¡Error! Marcador no definido.

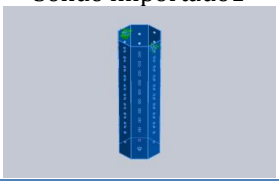
Descripción

Estudio de Análisis de frecuencia realizado al modelo de 8 caras altura 1800 mm y Plástico HIPS

Información de modelo



Nombre del modelo: BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2034
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Sólido importado1 	Sólido	Masa:16.586 kg Volumen:0.0153574 m ³ Densidad:1080 kg/m ³ Peso:162.543 N	C:\Users\Gladys\Desktop\Solid\ABS 8C 1800mm\Análisis Estático\biombo4.sldprt Mar 02 00:09:42 2013

Propiedades del estudio

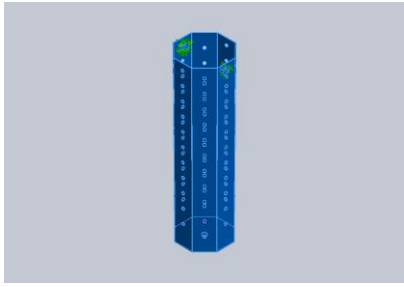
Nombre de estudio	Estudio Estático HIPS 8C 1800mm
Tipo de análisis	Estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SolidWorks Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automática
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SolidWorks (c:\users\gladys\appdata\local\temp)



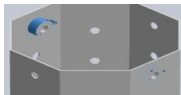
Unidades

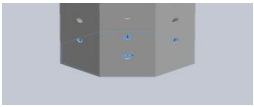
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	Nombre: HIPS Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Desconocido Límite de tracción: 2.4e+007 N/m² Módulo elástico: 2.1e+009 N/m² Densidad: 1080 kg/m³ Coeficiente de dilatación térmica: 70 /Kelvin	Sólido 1(Sólido importado1)(biombo4-1)
Datos de curva:N/A		

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Geometría fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-0.00590551	404.284	0.00231963	404.284
Momento de reacción(N-m)	0	0	0	0

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 404.3 N

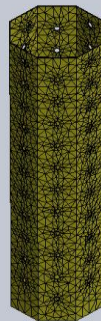
Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	49.5079 mm
Tolerancia	2.47539 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	37171
Número total de elementos	17546
Cociente máximo de aspecto	32.855
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	0.667
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	8.34
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:54
Nombre de computadora:	GLADYS-PC

Nombre de modelo: BIOMBO 6 CARAS ALTURA 2034
 Nombre de estudio: Estudio Estático HPS DC 1800mm
 Tipo de malla: Malla de sólida



Edición para educación. Sólo para uso en la enseñanza

Fuerzas resultantes

Fuerzas de reacción


Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N	-0.00590551	404.284	0.00231963	404.284

Momentos de reacción

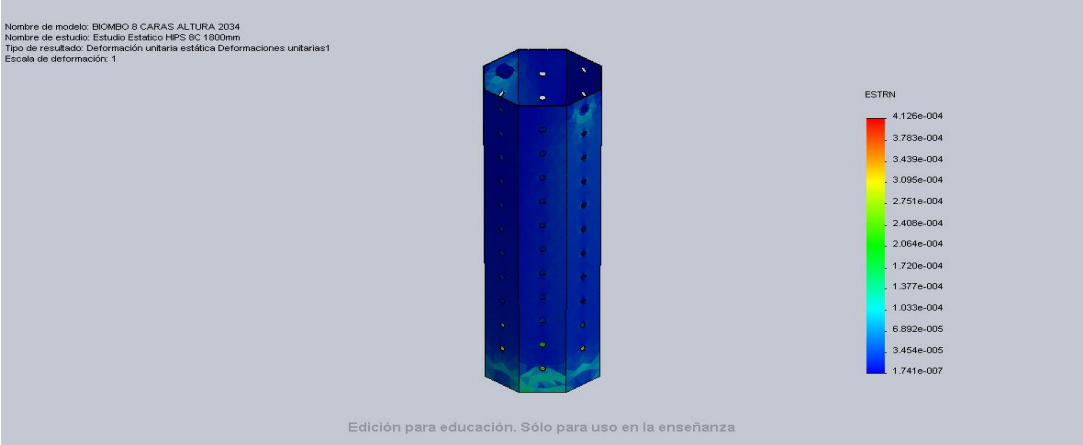
Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N-m	0	0	0	0



Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	534.416 N/m ² Nodo: 7522	2.67364e+006 N/m ² Nodo: 4237
 <p>BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2034-Estudio Estatico HIPS 8C 1800mm-Tensiones-Tensiones1</p>			

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante	0 mm Nodo: 1251	4.06542 mm Nodo: 4235
 <p>BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2034-Estudio Estatico HIPS 8C 1800mm-Desplazamientos-Desplazamientos1</p>			

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	1.74118e-007 Elemento: 13286	0.000412622 Elemento: 16901
 <p>BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2034-Estudio Estatico HIPS 8C 1800mm-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1</p>			

Nombre	Tipo
Desplazamientos1{1}	Forma deformada

Nombre de modelo: BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2034
Nombre de estudio: Estudio Estatico HIPS 8C 1800mm
Tipo de resultado: Forma deformada Desplazamientos1 (1)
Escala de deformación: 1



Edición para educación. Sólo para uso en la enseñanza

BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2034-Estudio Estatico HIPS 8C 1800mm-Desplazamientos-Desplazamientos1{1}

Nombre	Tipo
Desplazamientos2	Forma deformada

Nombre de modelo: BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2034
Nombre de estudio: Estudio Estatico HIPS 8C 1800mm
Tipo de resultado: Forma deformada Desplazamientos2
Escala de deformación: 44.2768



Edición para educación. Sólo para uso en la enseñanza

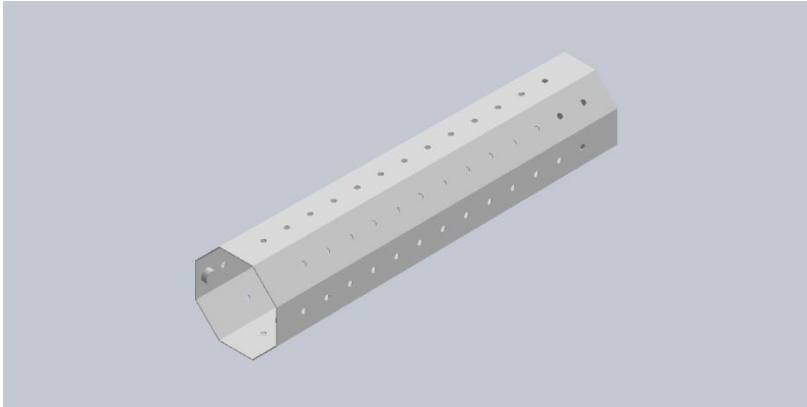
BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2034-Estudio Estatico HIPS 8C 1800mm-Desplazamientos-Desplazamientos2



ANEXO F

Analisis HIPS 8C 2200 Milímetros

Analisis de Frecuencias



Descripción

Estudio de Análisis de Frecuencia realizado al modelo de 8 caras altura 2200 mm y Plástico HIPS

Simulación de Analisis de Frecuencias HIPS 8C 2200

Fecha: sábado, 02 de marzo de 2013

Diseñador: Solidworks

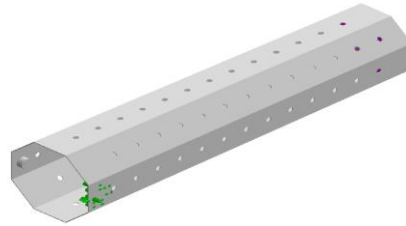
Nombre de estudio: Estudio de Frecuencia HIPS 8C 2200mm

Tipo de análisis: Frecuencias

Table of Contents

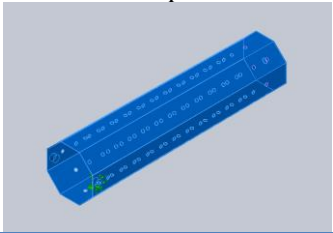
Descripción.....	92
Suposiciones.....	¡Error! Marcador no definido.
Información de modelo.....	93
Propiedades del estudio	93
Unidades	94
Propiedades de material	94
Cargas y sujeciones	94
Definiciones de conector.....	¡Error! Marcador no definido
Información de contacto.....	¡Error! Marcador no definido.
Información de malla	95
Detalles del sensor	¡Error! Marcador no definido.
Resultados del estudio	96
Conclusión.....	¡Error! Marcador no definido.

Información de modelo



Nombre del modelo: BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2200
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Sólido importado1 	Sólido	Masa:20.4515 kg Volumen:0.0189365 m ³ Densidad:1080 kg/m ³ Peso:200.424 N	C:\Users\Gladys\Desktop\Solid\ABS 8C 2200mm\Estudio Estatico\biombo1.sldprt Mar 02 12:32:26 2013

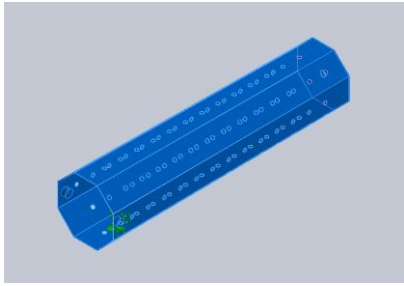
Propiedades del estudio

Nombre de estudio	Estudio de Frecuencia HIPS 8C 2200mm
Tipo de análisis	Frecuencias
Tipo de malla	Malla sólida
Número de frecuencias	5
Tipo de solver	Automatic
Muelle blando:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automática
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SolidWorks Flow Simulation	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SolidWorks (c:\users\gladys\appdata\local\temp)

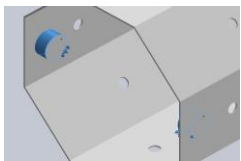
Unidades

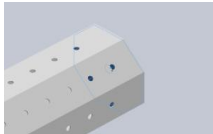
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: HIPS Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Desconocido Límite de tracción: 2.4e+007 N/m² Densidad: 1080 kg/m³ Módulo elástico: 2.1e+009 N/m² Coeficiente de dilatación térmica: 70 /Kelvin</p>	<p>Sólido 1(Sólido importado1)(biombo1-1)</p>
Datos de curva:N/A		

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		<p>Entidades: 2 cara(s) Tipo: Geometría fija</p>

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		<p>Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 486.2 N</p>

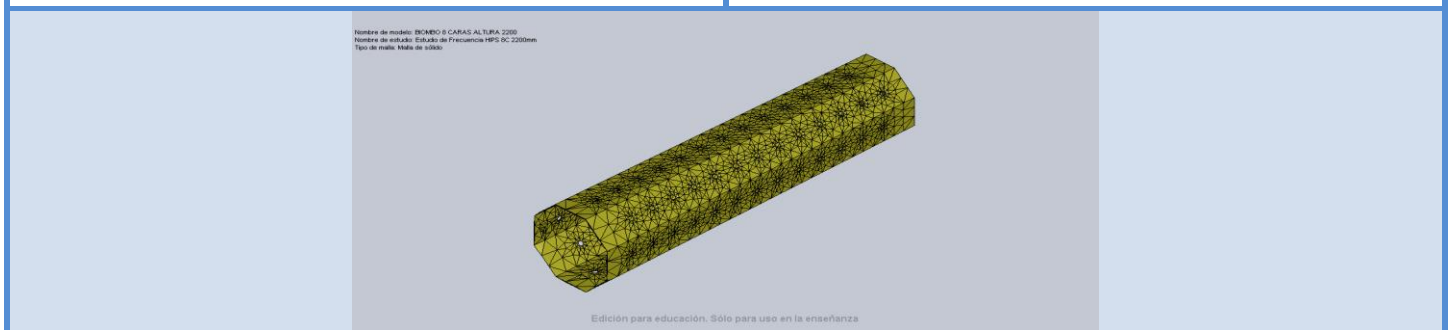


Información de malla

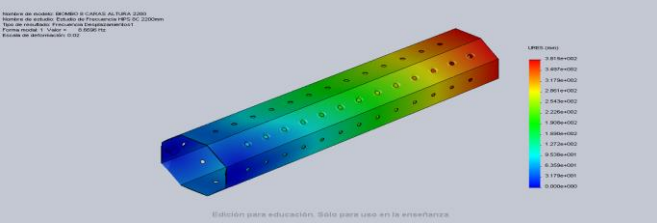
Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	74.1428 mm
Tolerancia	3.70714 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

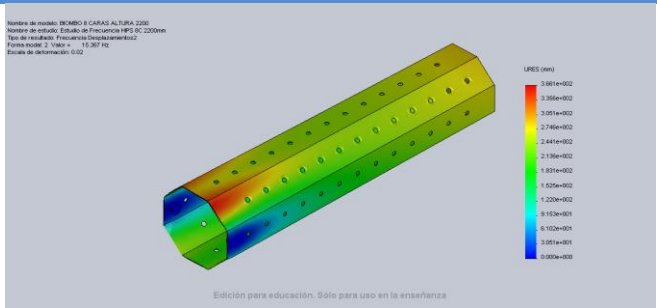
Información de malla - Detalles

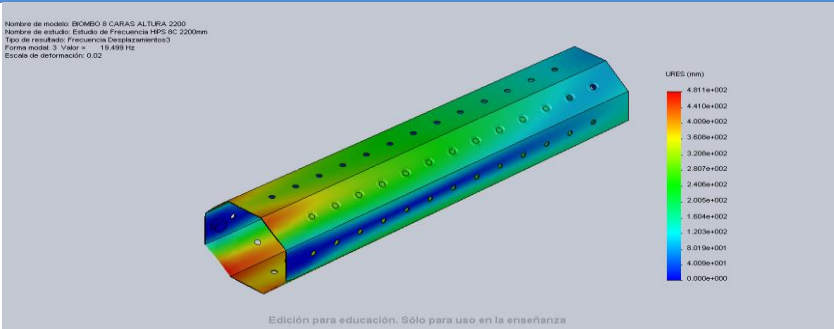
Número total de nodos	40920
Número total de elementos	19370
Cociente máximo de aspecto	81.934
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	0.232
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	17.2
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:39
Nombre de computadora:	GLADYS-PC



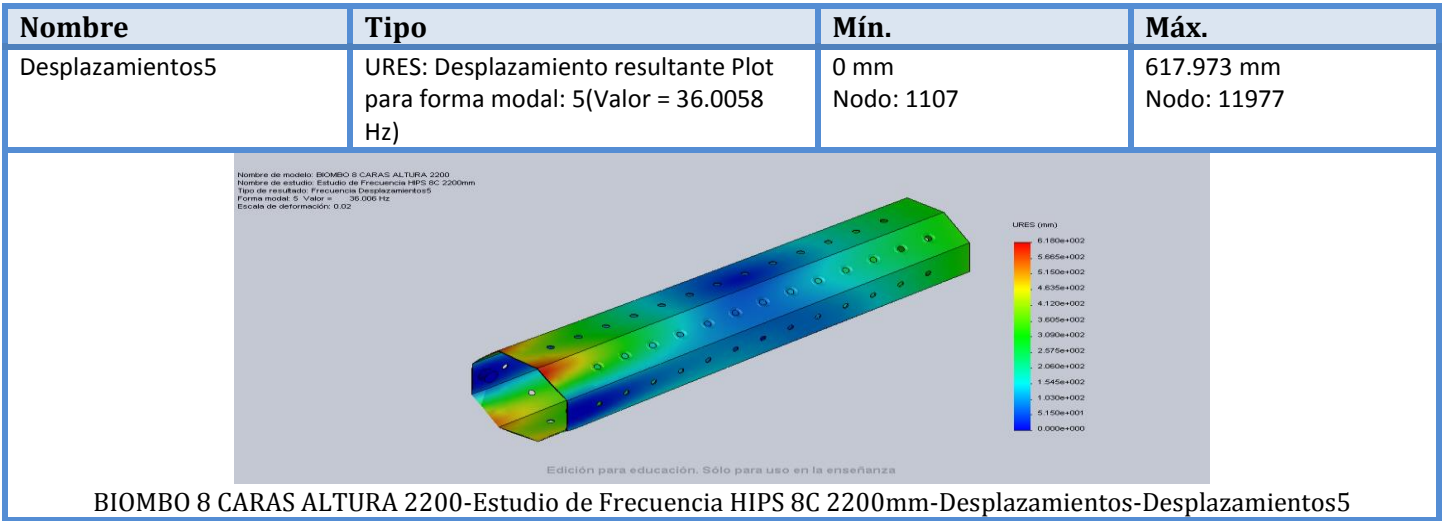
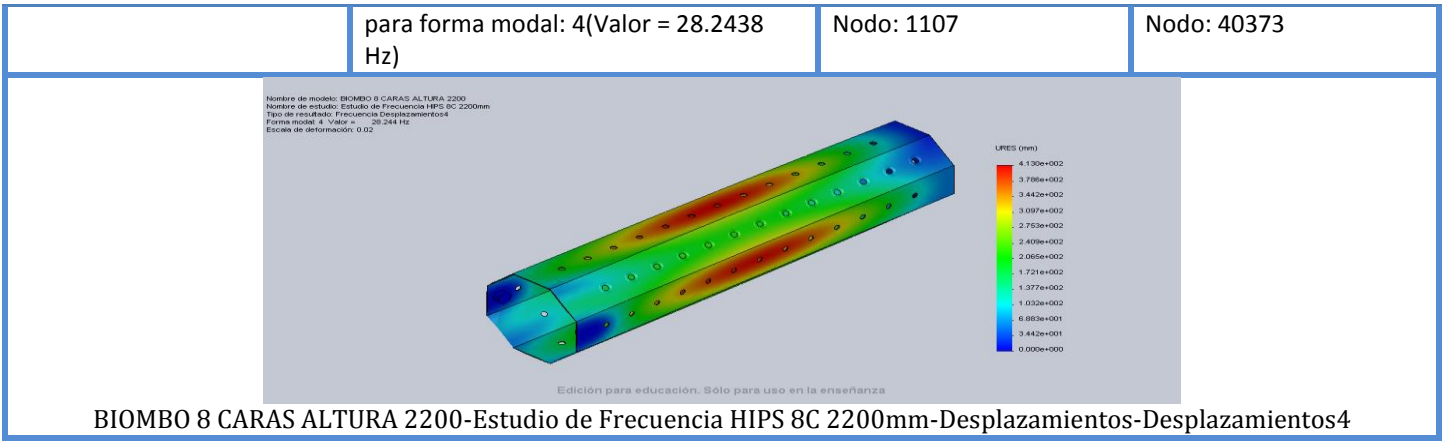
Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante Plot para forma modal: 1(Valor = 8.66955 Hz)	0 mm Nodo: 1107	381.517 mm Nodo: 3102
 <p>BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2200-Estudio de Frecuencia HIPS 8C 2200mm-Desplazamientos-Desplazamientos1</p>			

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos2	URES: Desplazamiento resultante Plot para forma modal: 2(Valor = 15.3671 Hz)	0 mm Nodo: 1107	366.119 mm Nodo: 14186
 <p>BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2200-Estudio de Frecuencia HIPS 8C 2200mm-Desplazamientos-Desplazamientos2</p>			

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos3	URES: Desplazamiento resultante Plot para forma modal: 3(Valor = 19.4992 Hz)	0 mm Nodo: 1107	481.128 mm Nodo: 33538
 <p>BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2200-Estudio de Frecuencia HIPS 8C 2200mm-Desplazamientos-Desplazamientos3</p>			

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos4	URES: Desplazamiento resultante Plot	0 mm	412.993 mm



Lista de modos

Número de frecuencias	Rad/seg	Hertz	Segundos
1	54.472	8.6696	0.11535
2	96.554	15.367	0.065074
3	122.52	19.499	0.051284
4	177.46	28.244	0.035406
5	226.23	36.006	0.027773

Participación de masa (Normalizada)

Número de modos	Frecuencia(Hertz)	Dirección X	Dirección Y	Dirección Z
1	8.6696	1.9349e-005	0.67864	1.151e-007
2	15.367	0.88555	0.00011324	9.8705e-007
3	19.499	0.013028	3.4288e-006	1.0107e-006

4	28.244	0.00026767	1.9978e-005	0.012237
5	36.006	0.0016175	0.00011718	1.1644e-005
		Sum X = 0.90048	Sum Y = 0.6789	Sum Z = 0.01225

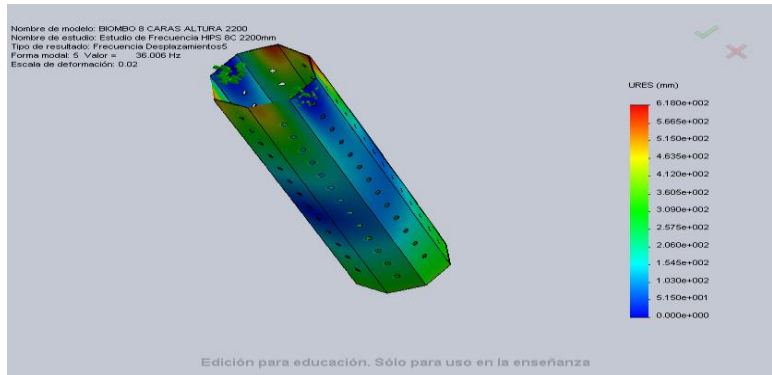


Imagen-1

Simulación de Analisis de Pandeo HIPS 8C 2200

Fecha: sábado, 02 de marzo de 2013

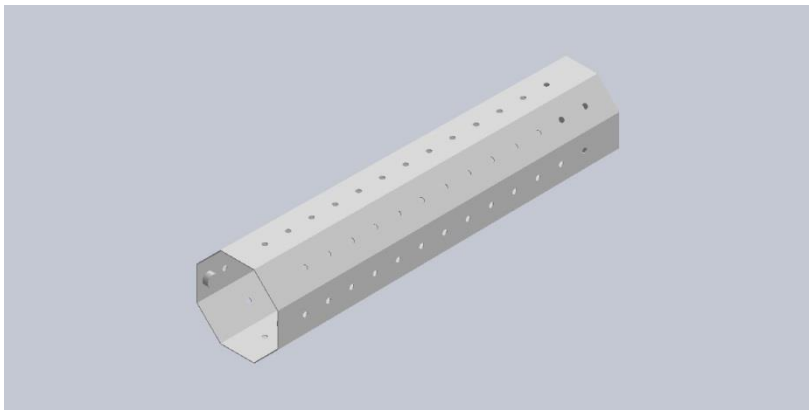
Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: Estudio de Pandeo HIPS 8C 2200mm

Tipo de análisis: Pandeo

Table of Contents

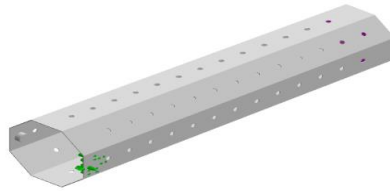
Descripción.....	99
Suposiciones.....	¡Error! Marcador no definido.
Información de modelo.....	100
Propiedades del estudio	100
Unidades	101
Propiedades de material	101
Cargas y sujeciones	101
Definiciones de conector.....	¡Error! Marcador no definido
Información de contacto.....	¡Error! Marcador no definido.
Información de malla	102
Detalles del sensor	¡Error! Marcador no definido.
Resultados del estudio	103
Conclusión.....	¡Error! Marcador no definido.



Descripción

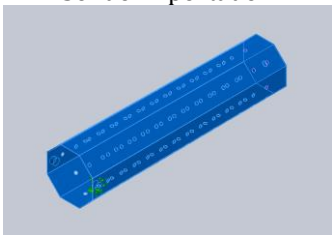
Estudio de Análisis de Pandeo realizado al modelo de 8 caras altura 2200 mm y Plástico HIPS

Información de modelo



Nombre del modelo: BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2200
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Sólido importado1 	Sólido	Masa:20.4515 kg Volumen:0.0189365 m ³ Densidad:1080 kg/m ³ Peso:200.424 N	C:\Users\Gladys\Desktop\Solid\ABS 8C 2200mm\Estudio Estatico\biombo1.sldprt Mar 02 12:32:26 2013

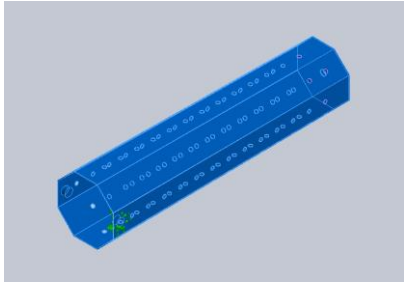
Propiedades del estudio

Nombre de estudio	Estudio de Pandeo HIPS 8C 2200mm
Tipo de análisis	Pandeo
Tipo de malla	Malla sólida
Número de modos	1
Tipo de solver	FFEPlus
Opciones de unión rígida incompatibles	Automática
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SolidWorks Flow Simulation	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SolidWorks (c:\users\gladys\appdata\local\temp)

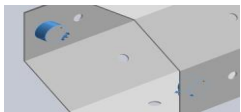
Unidades

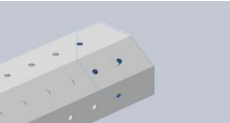
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: HIPS Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Desconocido Límite de tracción: 2.4e+007 N/m² Densidad: 1080 kg/m³ Módulo elástico: 2.1e+009 N/m² Coeficiente de dilatación térmica: 70 /Kelvin</p>	<p>Sólido 1(Sólido importado1)(biombo1-1)</p>
Datos de curva:N/A		

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		<p>Entidades: 2 cara(s) Tipo: Geometría fija</p>

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		<p>Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 486.02 N</p>



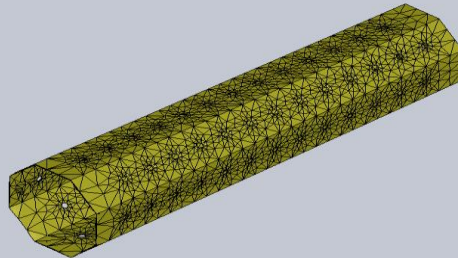
Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	75.5158 mm
Tolerancia	3.77579 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	40834
Número total de elementos	19321
Cociente máximo de aspecto	68.942
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	0.274
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	17
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:39
Nombre de computadora:	GLADYS-PC

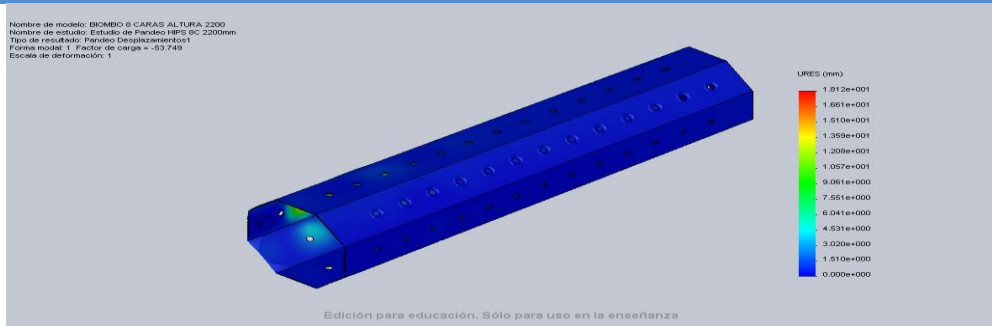
Nombre de modelo: BIOMBO 6 CARAS ALTURA 2200
 Nombre de estudio: Estudio de Paralelo HPS BC 2200mm
 Tipo de malla: Malla de sólido



Edición para educación. Sólo para uso en la enseñanza

Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante Plot para forma modal: 1(Factor de carga = -53.7493)	0 mm Nodo: 1107	18.1222 mm Nodo: 38023



BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2200-Estudio de Pandeo HIPS 8C 2200mm-Desplazamientos-Desplazamientos1

Lista de modos

Número de modos	Factor de cargas
1	-53.749

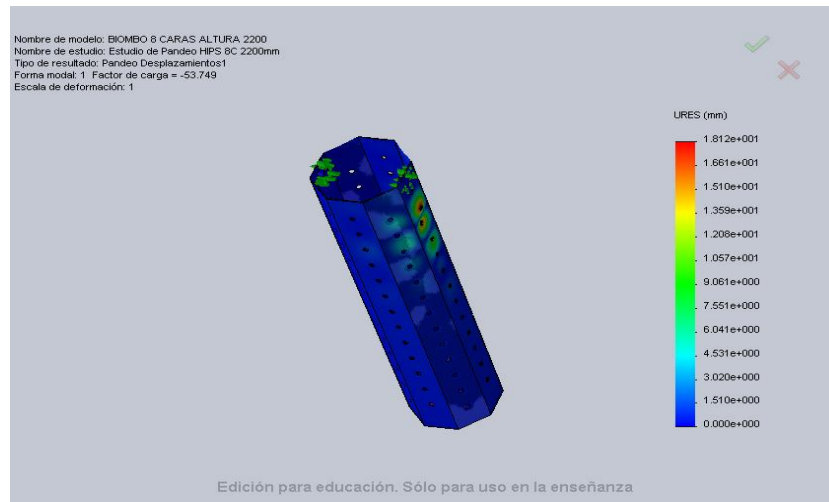


Imagen-1

Simulación de Analisis Estatico HIPS 8C 2200

Fecha: sábado, 02 de marzo de 2013

Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: Estudio Estatico HIPS 8C 2200mm

Tipo de análisis: Estático

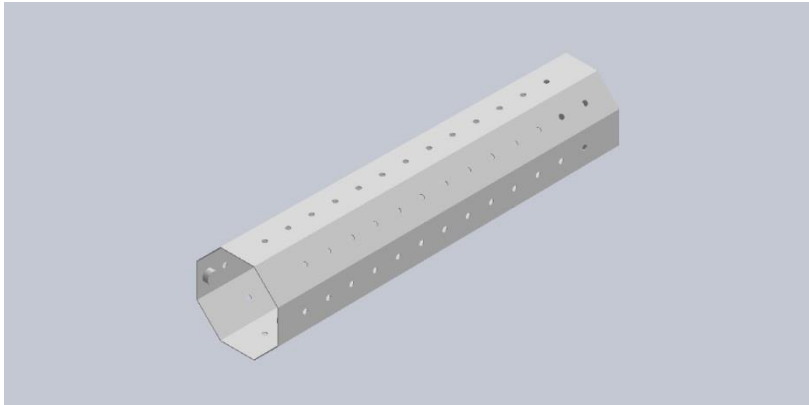


Table of Contents

Descripción.....	104
Suposiciones.....	¡Error! Marcador no definido.
Información de modelo.....	105
Propiedades del estudio	105
Unidades	106
Propiedades de material	106
Cargas y sujeciones	106
Definiciones de conector.....	¡Error! Marcador no definido
Información de contacto.....	¡Error! Marcador no definido.
Información de malla	107
Detalles del sensor	¡Error! Marcador no definido.
Fuerzas resultantes	108
Vigas.....	¡Error! Marcador no definido.
Resultados del estudio	109
Conclusión	¡Error! Marcador no definido.

Descripción

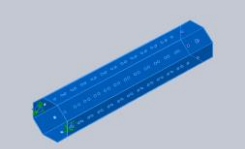
Estudio de Análisis de frecuencia realizado al modelo de 8 caras altura 2200 mm y Plástico HIPS

Información de modelo



Nombre del modelo: BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2200
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Sólido importado1 	Sólido	Masa:20.4515 kg Volumen:0.0189365 m ³ Densidad:1080 kg/m ³ Peso:200.424 N	C:\Users\Gladys\Desktop\Solid\ABS 8C 2200mm\Estudio Estatico\biombo1.sldprt Mar 02 12:32:26 2013

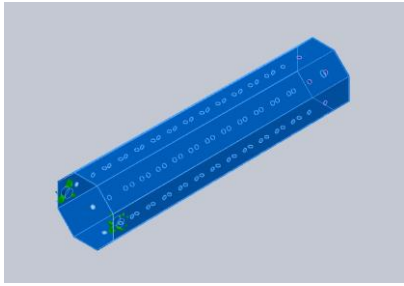
Propiedades del estudio

Nombre de estudio	Estudio Estatico HIPS 8C 2200mm
Tipo de análisis	Estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SolidWorks Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automática
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SolidWorks (c:\users\gladys\appdata\local\temp)


Unidades

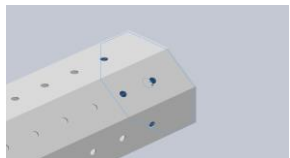
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	Nombre: HIPS Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Desconocido Límite de tracción: 2.4e+007 N/m² Módulo elástico: 2.1e+009 N/m² Densidad: 1080 kg/m³ Coeficiente de dilatación térmica: 70 /Kelvin	Sólido 1(Sólido importado1)(biombo1-1)
Datos de curva:N/A		

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Bisagra fija-1		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Bisagra fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	0.0204467	-0.02256	485.94	485.94
Momento de reacción(N-m)	0	0	0	0

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 486.02 N

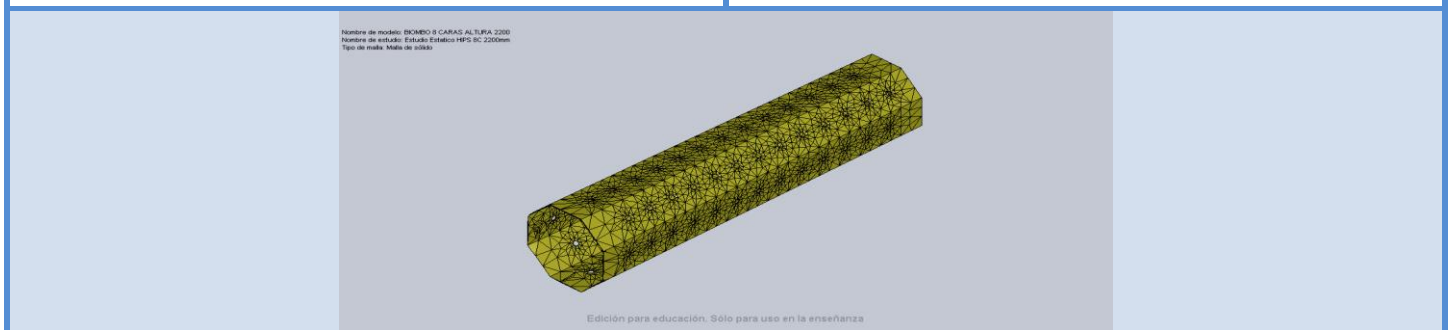


Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	72.7698 mm
Tolerancia	3.63849 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	41125
Número total de elementos	19453
Cociente máximo de aspecto	82.42
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	0.272
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	17
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:38
Nombre de computadora:	GLADYS-PC



Fuerzas resultantes

Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N	0.0204467	-0.02256	485.94	485.94

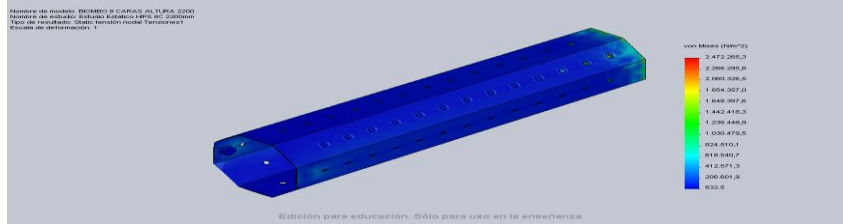
Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N-m	0	0	0	0



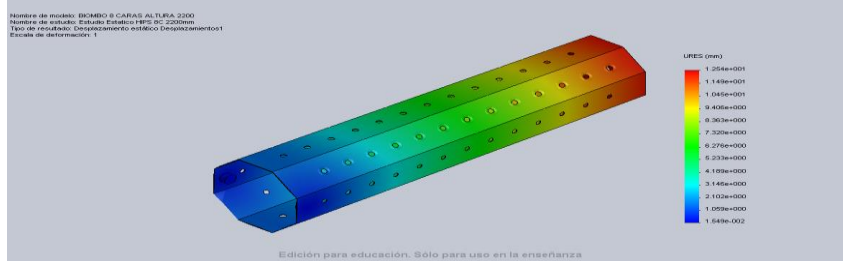
Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	632.485 N/m ² Nodo: 31841	2.47227e+006 N/m ² Nodo: 39693



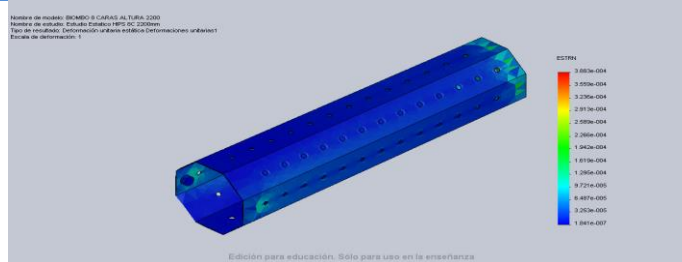
BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2200-Estudio Estatico HIPS 8C 2200mm-Tensiones-Tensiones1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante	0.0154868 mm Nodo: 7158	12.5368 mm Nodo: 39680



BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2200-Estudio Estatico HIPS 8C 2200mm-Desplazamientos-Desplazamientos1

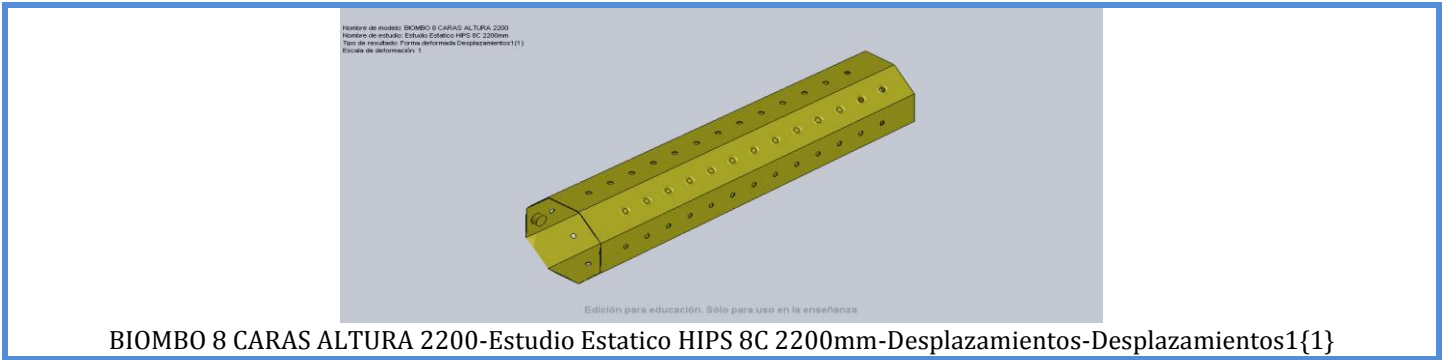
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	1.84139e-007 Elemento: 16059	0.000388277 Elemento: 12461



BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2200-Estudio Estatico HIPS 8C 2200mm-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1

Nombre	Tipo
Desplazamientos1{1}	Forma deformada





BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2200-Estudio Estático HPS 8C 2200mm-Desplazamientos-Desplazamientos1{1}

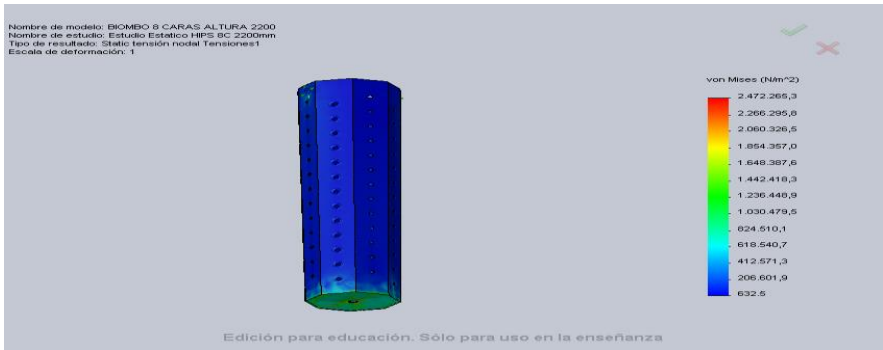
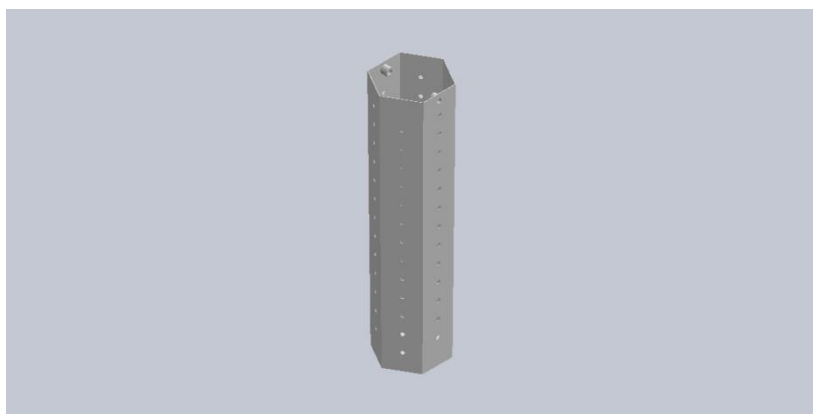


Imagen-1

ANEXO G

Analisis PET 6C 2200 Milímetros

Analisis de Frecuencias



Descripción

Estudio de Análisis Estático realizado al modelo de 6 caras altura 2200 mm y Plástico PET

Simulación de Analisis de Frecuencias PET 6C 2200

Fecha: sábado, 02 de marzo de 2013

Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: Estudio de Frecuencia PET 6C 2200mm

Tipo de análisis: Frecuencias

Table of Contents


Descripción.....	111
Suposiciones.....	¡Error! Marcador no definido.
Información de modelo.....	112
Propiedades del estudio	112
Unidades	113
Propiedades de material	113
Cargas y sujeciones	113
Definiciones de conector.....	¡Error! Marcador no definido
Información de contacto.....	¡Error! Marcador no definido.
Información de malla	114
Detalles del sensor	¡Error! Marcador no definido.
Resultados del estudio	115
Conclusión	¡Error! Marcador no definido.

Información de modelo



Nombre del modelo: BIOMBO 6 CARAS ALTURA 2200
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Sólido importado1 	Sólido	Masa:28.2776 kg Volumen:0.0199138 m ³ Densidad:1420 kg/m ³ Peso:277.12 N	C:\Users\Gladys\Desktop\Solid\ABS 6C 2200mm\Análisis Estático\biombo 3-1.sldprt Mar 02 17:16:15 2013

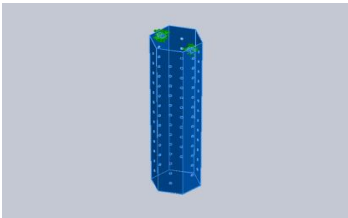
Propiedades del estudio

Nombre de estudio	Estudio de Frecuencia PET 6C 2200mm
Tipo de análisis	Frecuencias
Tipo de malla	Malla sólida
Número de frecuencias	5
Tipo de solver	Automatic
Muelle blando:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automática
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SolidWorks Flow Simulation	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SolidWorks (c:\users\gladys\appdata\local\temp)

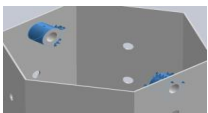
Unidades

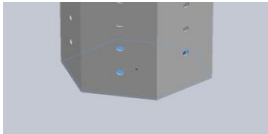
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: PET Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Desconocido Límite de tracción: 5.73e+007 N/m² Densidad: 1420 kg/m³ Módulo elástico: 2.96e+009 N/m² Coeficiente de Poisson: 0.37</p>	<p>Sólido 1(Sólido importado1)(biombo 3-1-1)</p>
Datos de curva:N/A		

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		<p>Entidades: 2 cara(s) Tipo: Geometría fija</p>

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		<p>Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 401.4 N</p>



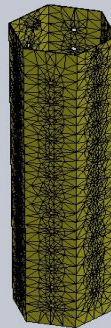
Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	73.2116 mm
Tolerancia	3.66058 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

Información de malla - Detalles

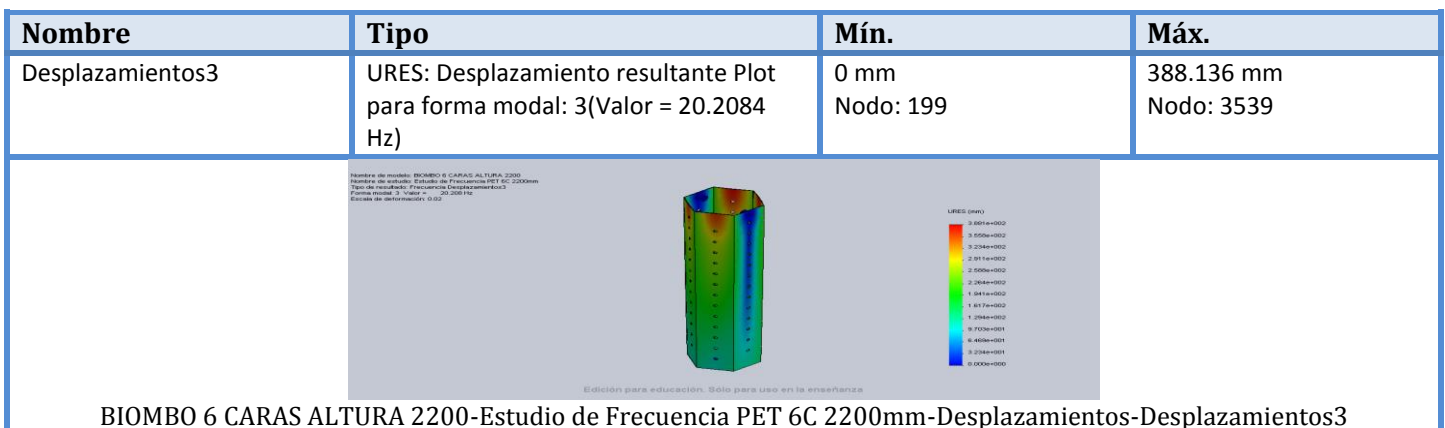
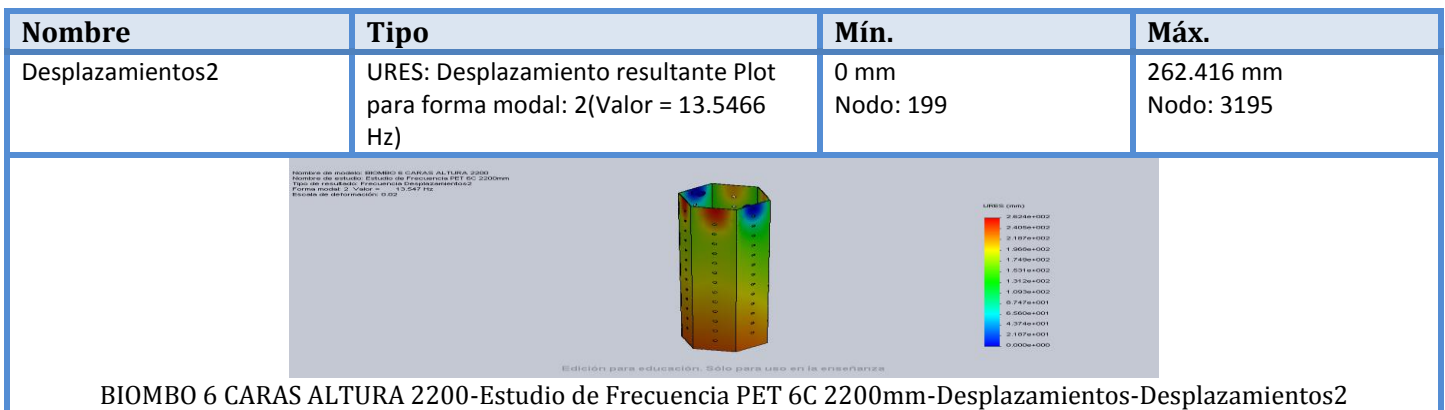
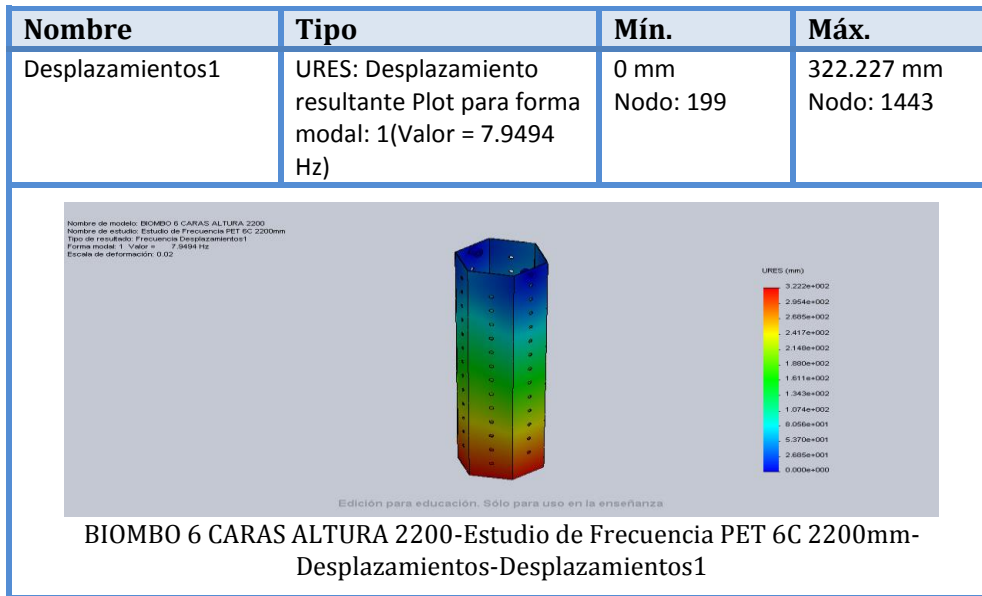
Número total de nodos	32513
Número total de elementos	15281
Cociente máximo de aspecto	45.274
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	0.484
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	25
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:26
Nombre de computadora:	GLADYS-PC

Nombre de modelo: BIOMBO 6 CARAS ALTURA 2200
 Nombre de estudio: Estudio de Frecuencia PET 6C 2200mm
 Tipo de malla: Malla de sólido

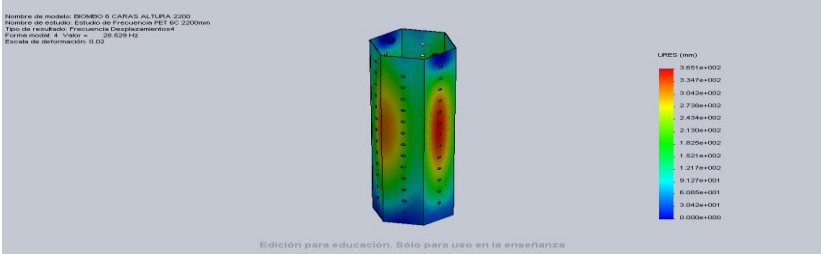


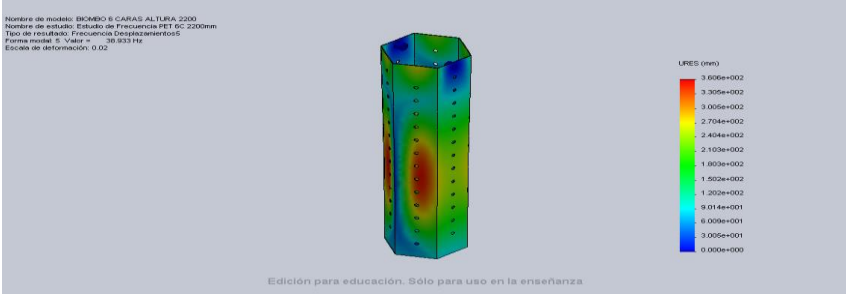
Edición para educación. Sólo para uso en la enseñanza

Resultados del estudio



Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
--------	------	------	------

Desplazamientos4	URES: Desplazamiento resultante Plot para forma modal: 4(Valor = 28.5286 Hz)	0 mm Nodo: 199	365.099 mm Nodo: 26946
 <p>Nombre de modelo: BIOMBO 6 CARAS ALTURA 2200 Nombre de estudio: Estudio de Frecuencia PET 6C 2200mm Tipo de resultado: Frecuencia Desplazamientos4 Forma modal: 4 Valor = 28.5286 Hz Escala de deformación: 0.02</p> <p>Edición para educación. Solo para uso en la enseñanza</p>			
BIOMBO 6 CARAS ALTURA 2200-Estudio de Frecuencia PET 6C 2200mm-Desplazamientos-Desplazamientos4			

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos5	URES: Desplazamiento resultante Plot para forma modal: 5(Valor = 38.9331 Hz)	0 mm Nodo: 199	360.553 mm Nodo: 7040
 <p>Nombre de modelo: BIOMBO 6 CARAS ALTURA 2200 Nombre de estudio: Estudio de Frecuencia PET 6C 2200mm Tipo de resultado: Frecuencia Desplazamientos5 Forma modal: 5 Valor = 38.9331 Hz Escala de deformación: 0.02</p> <p>Edición para educación. Solo para uso en la enseñanza</p>			
BIOMBO 6 CARAS ALTURA 2200-Estudio de Frecuencia PET 6C 2200mm-Desplazamientos-Desplazamientos5			

Lista de modos

Número de frecuencias	Rad/seg	Hertz	Segundos
1	49.948	7.9494	0.1258
2	85.116	13.547	0.073819
3	126.97	20.208	0.049484
4	179.25	28.529	0.035053
5	244.62	38.933	0.025685

Participación de masa (Normalizada)

Número de modos	Frecuencia(Hertz)	Dirección X	Dirección Y	Dirección Z
1	7.9494	2.0506e-005	4.124e-008	0.68523
2	13.547	0.92722	6.2457e-009	2.539e-005
3	20.208	0.0027566	1.8151e-007	2.0924e-005

4	28.529	2.4982e-005	0.0042384	5.3095e-005
5	38.933	4.5832e-007	4.7307e-006	3.9062e-005
		Sum X = 0.93003	Sum Y = 0.0042433	Sum Z = 0.68537

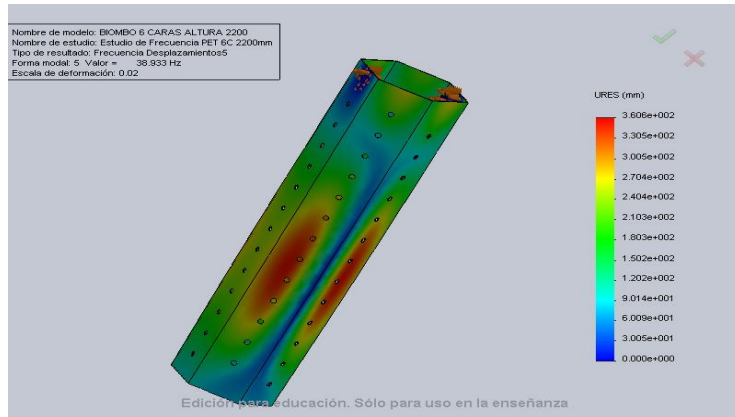


Imagen-1

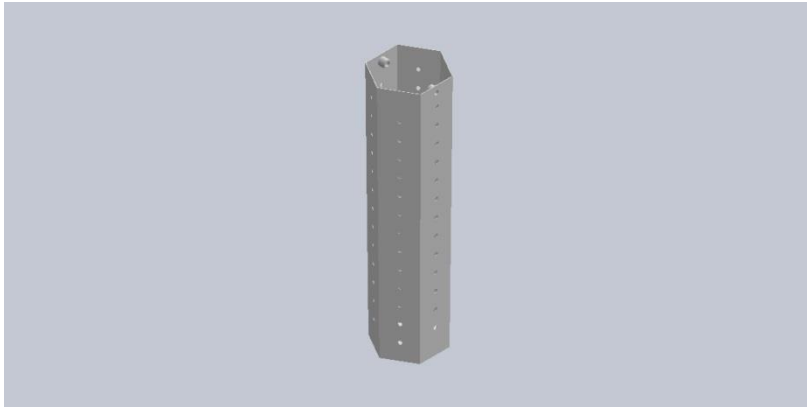
Simulación de Analisis de Pandeo PET 6C 2200

Fecha: sábado, 02 de marzo de 2013

Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: Estudio de Pandeo PET 6C 2200mm

Tipo de análisis: Pandeo



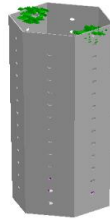
Descripción

Estudio de Analisis de Pandeo realizado al modelo de 6 caras altura 2200 mm y Plástico PET

Table of Contents


Descripción.....	118
Suposiciones.....	¡Error! Marcador no definido.
Información de modelo.....	119
Propiedades del estudio	119
Unidades	120
Propiedades de material	120
Cargas y sujeciones	120
Definiciones de conector.....	¡Error! Marcador no definido
Información de contacto.....	¡Error! Marcador no definido.
Información de malla	121
Detalles del sensor	¡Error! Marcador no definido.
Resultados del estudio	122
Conclusión.....	¡Error! Marcador no definido.

Información de modelo



Nombre del modelo: BIOMBO 6 CARAS ALTURA 2200
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Sólido importado1 	Sólido	Masa:28.2776 kg Volumen:0.0199138 m ³ Densidad:1420 kg/m ³ Peso:277.12 N	C:\Users\Gladys\Desktop\Solid\ABS 6C 2200mm\Análisis Estático\biombo 3-1.sldprt Mar 02 10:21:43 2013

Propiedades del estudio

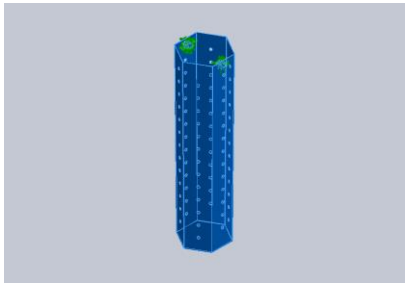
Nombre de estudio	Estudio de Pandeo PET 6C 2200mm
Tipo de análisis	Pandeo
Tipo de malla	Malla sólida
Número de modos	1
Tipo de solver	FFEPlus
Opciones de unión rígida incompatibles	Automática
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SolidWorks Flow Simulation	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SolidWorks (c:\users\gladys\appdata\local\temp)



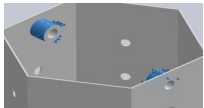
Unidades

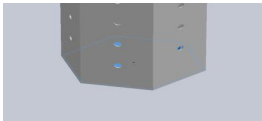
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: PET Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Desconocido Límite de tracción: 5.73e+007 N/m² Densidad: 1420 kg/m³ Módulo elástico: 2.96e+009 N/m² Coeficiente de Poisson: 0.37</p>	Sólido 1(Sólido importado1)(biombo 3-1-1)
Datos de curva:N/A		

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		<p>Entidades: 2 cara(s) Tipo: Geometría fija</p>

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		<p>Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 401.4 N</p>



Información de malla

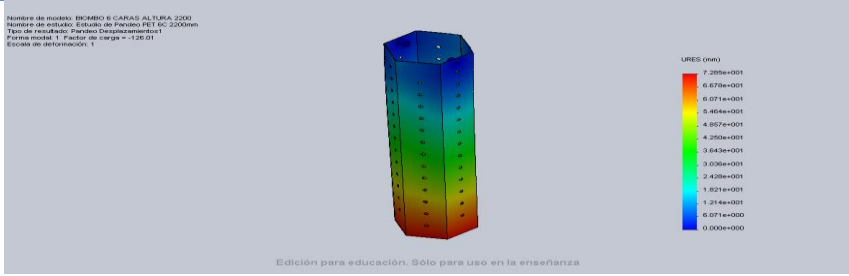
Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	73.2116 mm
Tolerancia	3.66058 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	32513
Número total de elementos	15281
Cociente máximo de aspecto	45.274
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	0.484
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	25
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:28
Nombre de computadora:	GLADYS-PC



Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante Plot para forma modal: 1(Factor de carga = -126.009)	0 mm Nodo: 199	72.8535 mm Nodo: 3865
			
BIOMBO 6 CARAS ALTURA 2200-Estudio de Pandeo PET 6C 2200mm-Desplazamientos-Desplazamientos1			

Lista de modos

Número de modos	Factor de cargas
1	-126.01

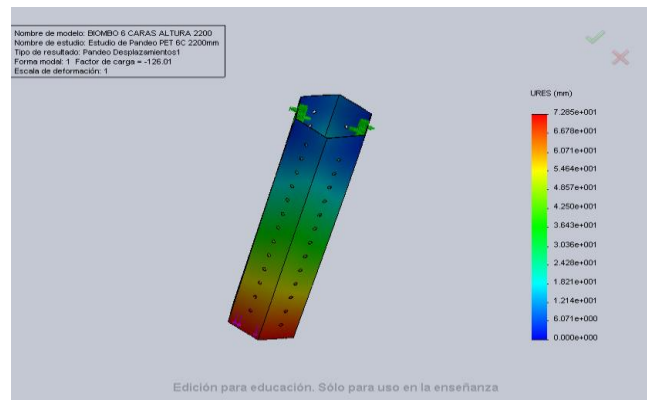


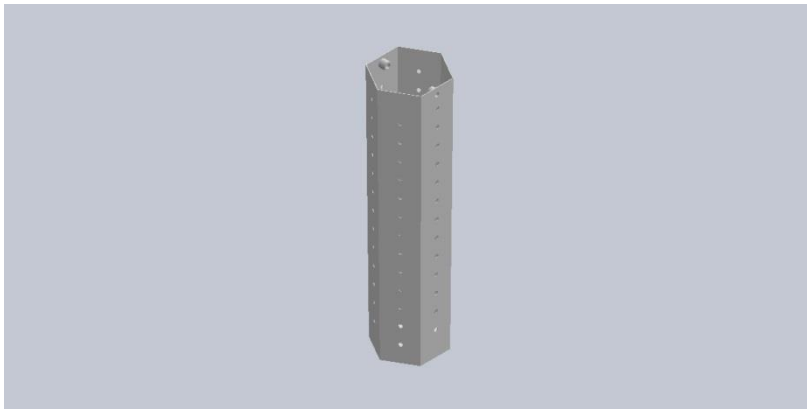
Imagen-1

Simulación de Analisis Estatico PET 6C 2200

Fecha: sábado, 02 de marzo de 2013
Diseñador: Solidworks
Nombre de estudio: Estudio Estatico PET 6C 2200mm
Tipo de análisis: Estático

Table of Contents

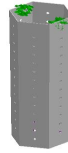
Descripción.....	123
Suposiciones.....	¡Error! Marcador no definido.
Información de modelo.....	124
Propiedades del estudio	124
Unidades	125
Propiedades de material	125
Cargas y sujeciones	125
Definiciones de conector.....	¡Error! Marcador no definido
Información de contacto.....	¡Error! Marcador no definido.
Información de malla	126
Detalles del sensor	¡Error! Marcador no definido.
Fuerzas resultantes	127
Vigas.....	¡Error! Marcador no definido.
Resultados del estudio	128
Conclusión	¡Error! Marcador no definido.



Descripción

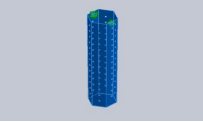
Estudio de Analisis Estatico realizado al modelo de 6 caras altura 2200 mm y Plástico PET

Información de modelo



Nombre del modelo: BIOMBO 6 CARAS ALTURA 2200
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Sólido importado1 	Sólido	Masa:28.2776 kg Volumen:0.0199138 m ³ Densidad:1420 kg/m ³ Peso:277.12 N	C:\Users\Gladys\Desktop\Solid\ABS 6C 2200mm\Análisis Estático\biombo 3-1.sldprt Mar 02 10:21:43 2013

Propiedades del estudio

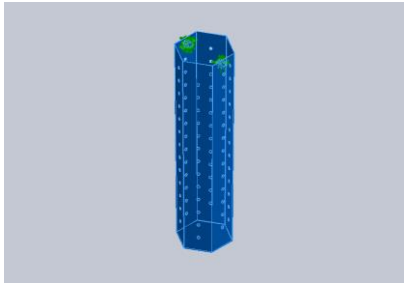
Nombre de estudio	Estudio Estático PET 6C 2200mm
Tipo de análisis	Estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SolidWorks Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automática
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SolidWorks (c:\users\gladys\appdata\local\temp)



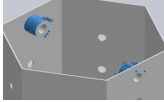
Unidades

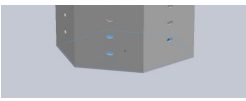
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	Nombre: PET Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Desconocido Límite de tracción: 5.73e+007 N/m² Límite de compresión: 9.29e+007 N/m² Módulo elástico: 2.96e+009 N/m² Coeficiente de Poisson: 0.37 Densidad: 1420 kg/m³	Sólido 1(Sólido importado1)(biombo 3-1-1)
Datos de curva:N/A		

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Geometría fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-0.00492287	401.392	-0.00476456	401.392
Momento de reacción(N-m)	0	0	0	0

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 401.4 N



Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	71.8037 mm
Tolerancia	3.59018 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	33018
Número total de elementos	15603
Cociente máximo de aspecto	63.58
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	0.526
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	26.9
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:32
Nombre de computadora:	GLADYS-PC



Fuerzas resultantes

Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N	-0.00492287	401.392	-0.00476456	401.392

Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N-m	0	0	0	0



Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	520.289 N/m ² Nodo: 20477	1.44015e+006 N/m ² Nodo: 1447
 <p>BIOMBO 6 CARAS ALTURA 2200-Estudio Estatico PET 6C 2200mm-Tensiones-Tensiones1</p>			

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante	0 mm Nodo: 199	0.627042 mm Nodo: 8639
 <p>BIOMBO 6 CARAS ALTURA 2200-Estudio Estatico PET 6C 2200mm-Desplazamientos-Desplazamientos1</p>			

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	3.45095e-007 Elemento: 8011	0.000166048 Elemento: 4305
 <p>BIOMBO 6 CARAS ALTURA 2200-Estudio Estatico PET 6C 2200mm-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1</p>			

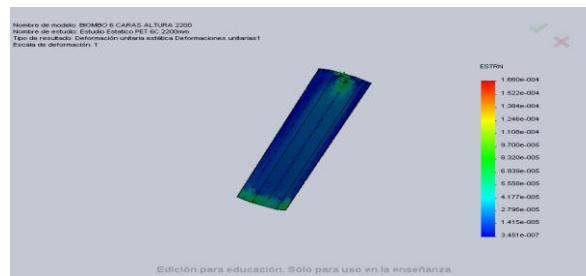
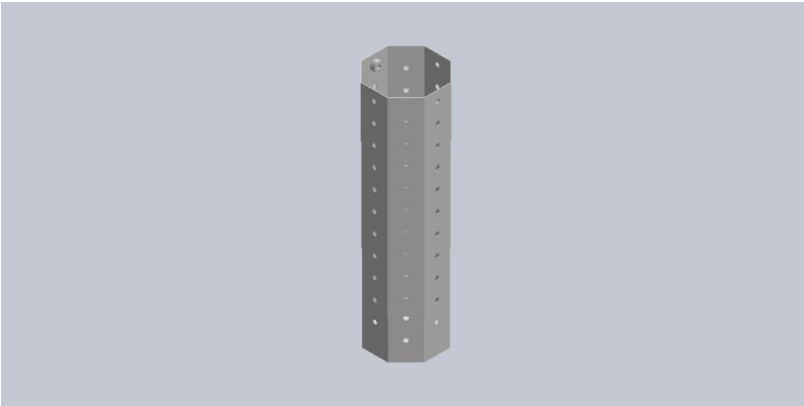


Imagen-1

ANEXO H

Analisis PET 8C 1800 Milímetros

Analisis de Frecuencias



Descripción

Estudio de Análisis de Frecuencia realizado al modelo de 8 caras altura 1800 mm y Plástico PET

Simulación de Analisis de Frecuencias PET 8C 1800

Fecha: sábado, 02 de marzo de 2013

Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: Estudio de Frecuencia PET 8C 1800 mm

Tipo de análisis: Frecuencias

Table of Contents


Descripción.....	129
Suposiciones.....	¡Error! Marcador no definido.
Información de modelo.....	130
Propiedades del estudio	130
Unidades	131
Propiedades de material	131
Cargas y sujeciones	131
Definiciones de conector.....	¡Error! Marcador no definido
Información de contacto.....	¡Error! Marcador no definido.
Información de malla	132
Detalles del sensor	¡Error! Marcador no definido.
Resultados del estudio	133
Conclusión	¡Error! Marcador no definido.

Información de modelo



Nombre del modelo: BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2034
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Sólido importado1 	Sólido	Masa:21.8076 kg Volumen:0.0153574 m ³ Densidad:1420 kg/m ³ Peso:213.714 N	C:\Users\Gladys\Desktop\Solid\ABS 8C 1800mm\Análisis Estático\biombo4-1.sldprt Mar 02 01:39:37 2013

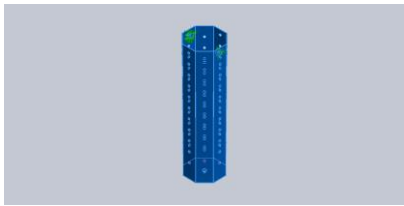
Propiedades del estudio

Nombre de estudio	Estudio de Frecuencia PET 8C 1800 mm
Tipo de análisis	Frecuencias
Tipo de malla	Malla sólida
Número de frecuencias	5
Tipo de solver	Automatic
Muelle blando:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automática
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SolidWorks Flow Simulation	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SolidWorks (c:\users\gladys\appdata\local\temp)

Unidades

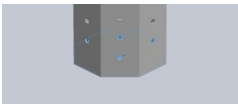
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	Nombre: PET Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Desconocido Límite de tracción: 5.73e+007 N/m² Densidad: 1420 kg/m³ Módulo elástico: 2.96e+009 N/m² Coeficiente de Poisson: 0.37	Sólido 1(Sólido importado1)(biombo4-1-1)
Datos de curva:N/A		

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Geometría fija

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 385 N



Información de malla

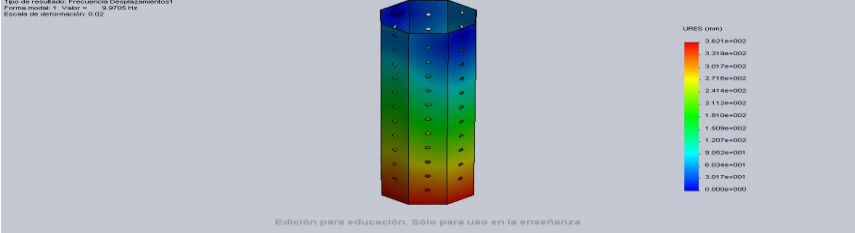
Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	49.5079 mm
Tolerancia	2.47539 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

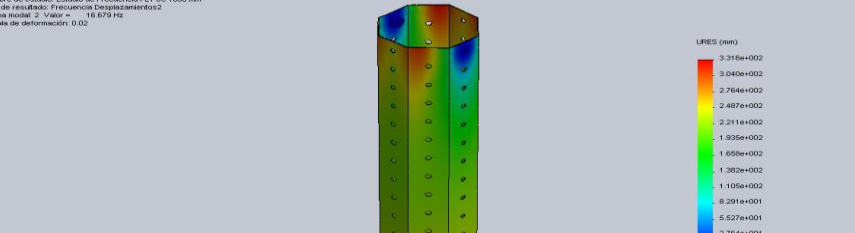
Información de malla - Detalles

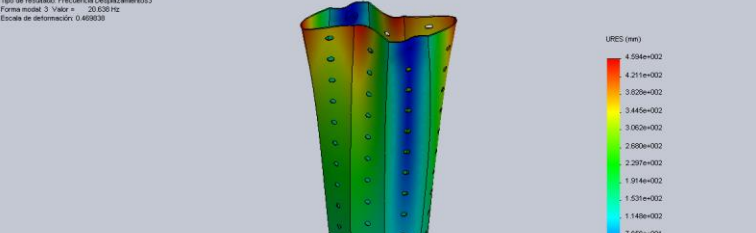
Número total de nodos	37171
Número total de elementos	17546
Cociente máximo de aspecto	32.855
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	0.667
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	8.34
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:42
Nombre de computadora:	GLADYS-PC



Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante Plot para forma modal: 1(Valor = 9.97046 Hz)	0 mm Nodo: 1251	362.07 mm Nodo: 9703
<p>Nombre de modelo: BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2034 Nombre de estudio: Estudio de Frecuencia PET 8C 1800 mm Tipo de resultado: Frecuencia Desplazamientos1 Forma modal 1 Valor = 9.97046 Hz Escala de deformación: 0.02</p>  <p>Edición para educación. Sólo para uso en la enseñanza</p> <p>BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2034-Estudio de Frecuencia PET 8C 1800 mm-Desplazamientos-Desplazamientos1</p>			

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos2	URES: Desplazamiento resultante Plot para forma modal: 2(Valor = 16.6785 Hz)	0 mm Nodo: 1251	331.65 mm Nodo: 4634
<p>Nombre de modelo: BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2034 Nombre de estudio: Estudio de Frecuencia PET 8C 1800 mm Tipo de resultado: Frecuencia Desplazamientos2 Forma modal 2 Valor = 16.6785 Hz Escala de deformación: 0.02</p>  <p>Edición para educación. Sólo para uso en la enseñanza</p> <p>BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2034-Estudio de Frecuencia PET 8C 1800 mm-Desplazamientos-Desplazamientos2</p>			

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos3	URES: Desplazamiento resultante Plot para forma modal: 3(Valor = 20.6378 Hz)	0 mm Nodo: 1251	459.361 mm Nodo: 3646
<p>Nombre de modelo: BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2034 Nombre de estudio: Estudio de Frecuencia PET 8C 1800 mm Tipo de resultado: Frecuencia Desplazamientos3 Forma modal 3 Valor = 20.6378 Hz Escala de deformación: 0.469038</p>  <p>Edición para educación. Sólo para uso en la enseñanza</p> <p>BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2034-Estudio de Frecuencia PET 8C 1800 mm-Desplazamientos-Desplazamientos3</p>			



Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos4	URES: Desplazamiento resultante Plot para forma modal: 4(Valor = 36.9008 Hz)	0 mm Nodo: 1251	386.231 mm Nodo: 34274
<p>Nombre de modelo: BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2034 Número de estudio: Estudio de Frecuencia PET 8C 1800 mm Tipo de resultado: Frecuencia Desplazamientos4 Forma modal 4: Valor = 36.9008 Hz Escala de deformación: 0.02</p> <p>Edición para educación. Sólo para uso en la enseñanza</p>			
BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2034-Estudio de Frecuencia PET 8C 1800 mm-Desplazamientos-Desplazamientos4			

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos5	URES: Desplazamiento resultante Plot para forma modal: 5(Valor = 46.8766 Hz)	0 mm Nodo: 1251	591.557 mm Nodo: 14266
<p>Nombre de modelo: BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2034 Número de estudio: Estudio de Frecuencia PET 8C 1800 mm Tipo de resultado: Frecuencia Desplazamientos5 Forma modal 5: Valor = 46.8766 Hz Escala de deformación: 0.02</p> <p>Edición para educación. Sólo para uso en la enseñanza</p>			
BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2034-Estudio de Frecuencia PET 8C 1800 mm-Desplazamientos-Desplazamientos5			

Lista de modos

Número de frecuencias	Rad/seg	Hertz	Segundos
1	62.646	9.9705	0.1003
2	104.79	16.679	0.059957
3	129.67	20.638	0.048455
4	231.85	36.901	0.0271
5	294.53	46.877	0.021333

Participación de masa (Normalizada)

Número de modos	Frecuencia(Hertz)	Dirección X	Dirección Y	Dirección Z
1	9.9705	2.2701e-006	3.6809e-010	0.6705
2	16.679	0.91331	4.7464e-008	2.0947e-006
3	20.638	0.0001082	3.9721e-007	3.8897e-007

4	36.901	1.7937e-006	0.0077207	2.0286e-009
5	46.877	0.0024984	1.3647e-006	1.0658e-005
		Sum X = 0.91592	Sum Y = 0.0077225	Sum Z = 0.67051

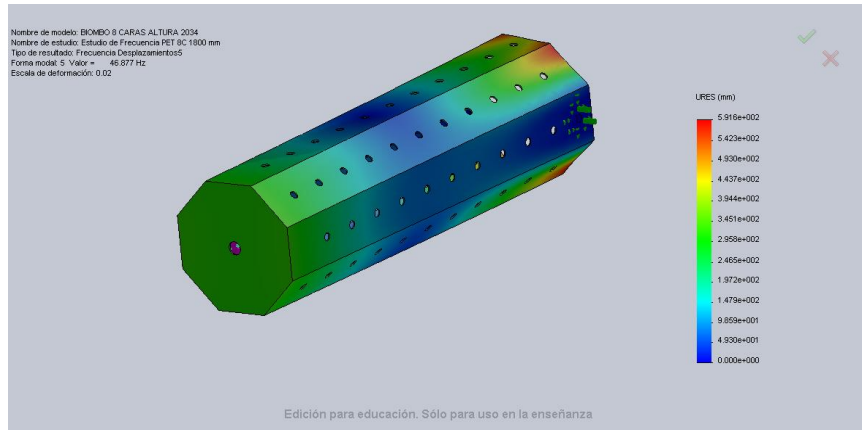
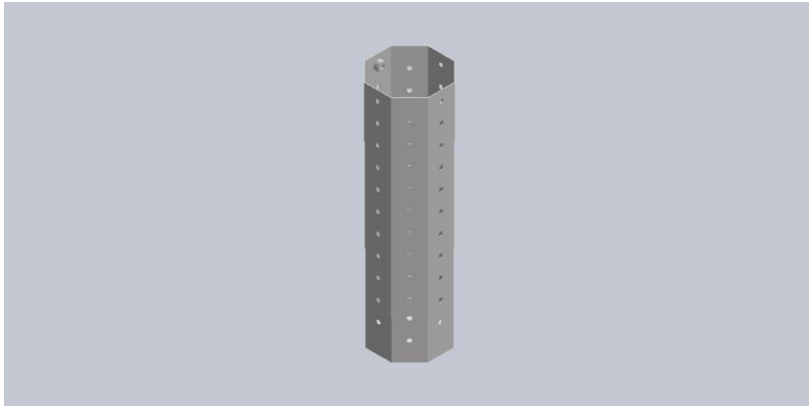


Imagen-1



Descripción

Estudio de Análisis de Pandeo realizado al modelo de 8 caras altura 1800 mm y Plástico PET

Simulación de Analisis de Pandeo PET 8C 1800

Fecha: sábado, 02 de marzo de 2013

Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: Estudio de Pandeo PET 8C 1800mm

Tipo de análisis: Pandeo

Table of Contents

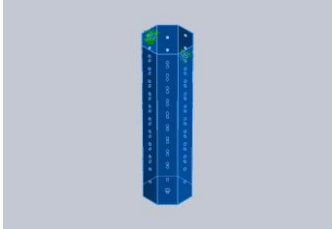
Descripción.....	136
Suposiciones.....	¡Error! Marcador no definido.
Información de modelo.....	137
Propiedades del estudio	137
Unidades	138
Propiedades de material	138
Cargas y sujeciones	138
Definiciones de conector.....	¡Error! Marcador no definido
Información de contacto.....	¡Error! Marcador no definido.
Información de malla	139
Detalles del sensor	¡Error! Marcador no definido.
Resultados del estudio	140
Conclusión.....	¡Error! Marcador no definido.

Información de modelo



Nombre del modelo: BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2034
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Sólido importado1 	Sólido	Masa:21.8076 kg Volumen:0.0153574 m ³ Densidad:1420 kg/m ³ Peso:213.714 N	C:\Users\Gladys\Desktop\Solid\ABS 8C 1800mm\Análisis Estático\biombo4.sldprt Mar 02 00:09:42 2013

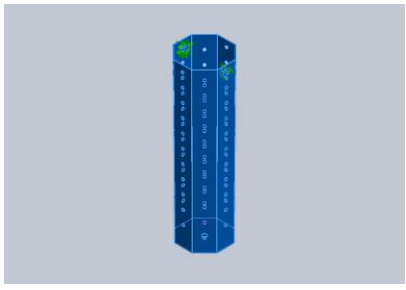
Propiedades del estudio

Nombre de estudio	Estudio de Pandeo PET 8C 1800mm
Tipo de análisis	Pandeo
Tipo de malla	Malla sólida
Número de modos	1
Tipo de solver	FFEPlus
Opciones de unión rígida incompatibles	Automática
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SolidWorks Flow Simulation	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SolidWorks (c:\users\gladys\appdata\local\temp)

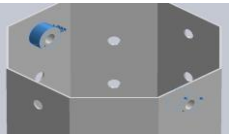
Unidades

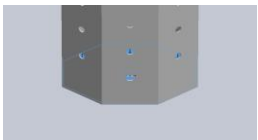
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: PET Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Desconocido Límite de tracción: 5.73e+007 N/m² Densidad: 1420 kg/m³ Módulo elástico: 2.96e+009 N/m² Coeficiente de Poisson: 0.37</p>	<p>Sólido 1(Sólido importado1)(biombo4-1)</p>
Datos de curva:N/A		

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		<p>Entidades: 2 cara(s) Tipo: Geometría fija</p>

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		<p>Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 385 N</p>



Información de malla

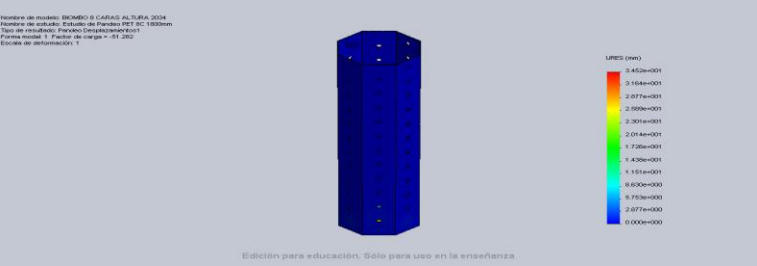
Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	49.5079 mm
Tolerancia	2.47539 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	37171
Número total de elementos	17546
Cociente máximo de aspecto	32.855
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	0.667
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	8.34
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:44
Nombre de computadora:	GLADYS-PC



Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante Plot para forma modal: 1(Factor de carga = -51.2815)	0 mm Nodo: 1251	34.5202 mm Nodo: 35516
 <p>BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2034-Estudio de Pandeo PET 8C 1800mm-Desplazamientos-Desplazamientos1</p>			

Lista de modos

Número de modos	Factor de cargas
1	-51.282

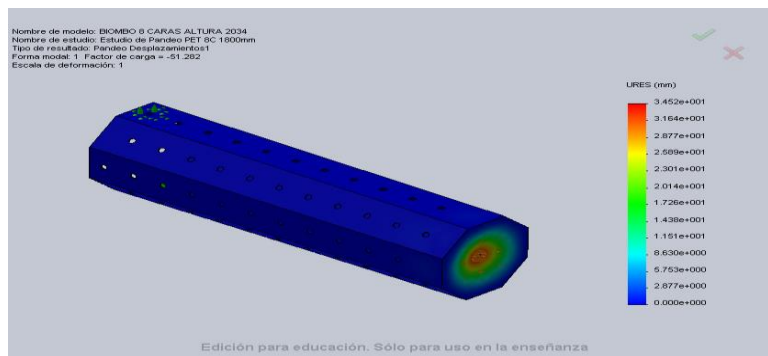
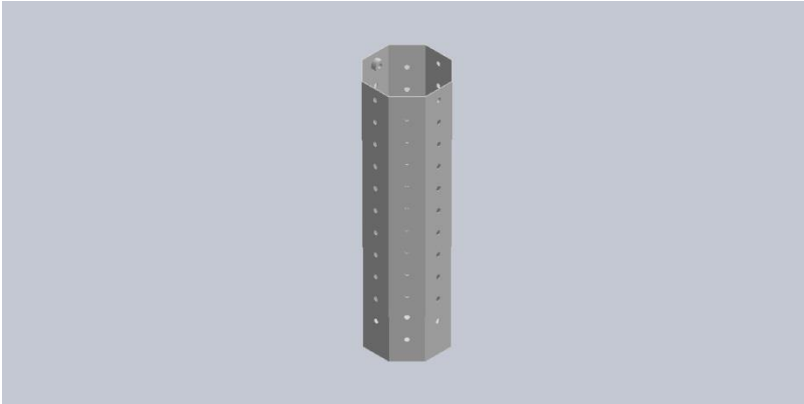


Imagen-1

Analisis Estatico



Descripción

Estudio de Analisis Estatico realizado al modelo de 8 caras altura 1800 mm y Plástico PET

Simulación de Analisis de Estatico PET 8C 1800

Fecha: sábado, 02 de marzo de 2013

Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: Estudio Estatico PET 8C 1800mm

Tipo de análisis: Estático

Table of Contents


Descripción.....	141
Suposiciones.....	¡Error! Marcador no definido.
Información de modelo.....	142
Propiedades del estudio	142
Unidades	143
Propiedades de material	143
Cargas y sujeciones	143
Definiciones de conector.....	¡Error! Marcador no definido
Información de contacto.....	¡Error! Marcador no definido.
Información de malla	144
Detalles del sensor	¡Error! Marcador no definido.
Fuerzas resultantes	144
Vigas.....	¡Error! Marcador no definido.
Resultados del estudio	145
Conclusión.....	¡Error! Marcador no definido.

Información de modelo



Nombre del modelo: BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2034
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Sólido importado1 	Sólido	Masa:21.8076 kg Volumen:0.0153574 m ³ Densidad:1420 kg/m ³ Peso:213.714 N	C:\Users\Gladys\Desktop\Solid\ABS 8C 1800mm\Análisis Estático\biombo4.sldprt Mar 02 00:09:42 2013

Propiedades del estudio

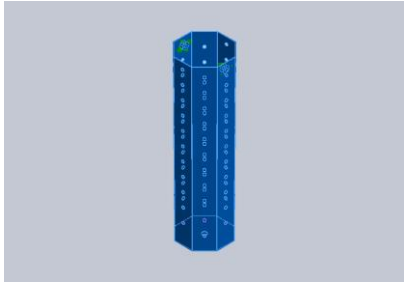
Nombre de estudio	Estudio Estático PET 8C 1800mm
Tipo de análisis	Estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SolidWorks Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automática
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SolidWorks (c:\users\gladys\appdata\local\temp)




Unidades

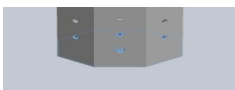
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	Nombre: PET Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Desconocido Límite de tracción: 5.73e+007 N/m² Límite de compresión: 9.29e+007 N/m² Módulo elástico: 2.96e+009 N/m² Coeficiente de Poisson: 0.37 Densidad: 1420 kg/m³	Sólido 1(Sólido importado1)(biombo4-1)
Datos de curva:N/A		

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Bisagra fija-1		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Bisagra fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-0.0178075	384.969	-0.00360286	384.969
Momento de reacción(N-m)	0	0	0	0

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 385 N



Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	49.5079 mm
Tolerancia	2.47539 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	37171
Número total de elementos	17546
Cociente máximo de aspecto	32.855
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	0.667
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	8.34
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:43
Nombre de computadora:	GLADYS-PC


Fuerzas resultantes

Fuerzas de reacción


Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N	-0.0178075	384.969	-0.00360286	384.969



Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	470.153 N/m ² Nodo: 7318	3.04143e+006 N/m ² Nodo: 15825
 <p>BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2034-Estudio Estatico PET 8C 1800mm-Tensiones-Tensiones1</p>			

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante	0.00263552 mm Nodo: 33930	2.45139 mm Nodo: 15825
 <p>BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2034-Estudio Estatico PET 8C 1800mm-Desplazamientos-Desplazamientos1</p>			

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	2.67494e-007 Elemento: 16096	0.000451204 Elemento: 16901
 <p>BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2034-Estudio Estatico PET 8C 1800mm-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1</p>			

Nombre	Tipo
Desplazamientos1{1}	Forma deformada

Nombre de modelo: BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2034
Nombre de estudio: Estudio Estático PET 8C 1800mm
Tipo de resultado: Forma deformada Desplazamientos1{1}
Escala de deformación: 1



Edición para educación. Sólo para uso en la enseñanza

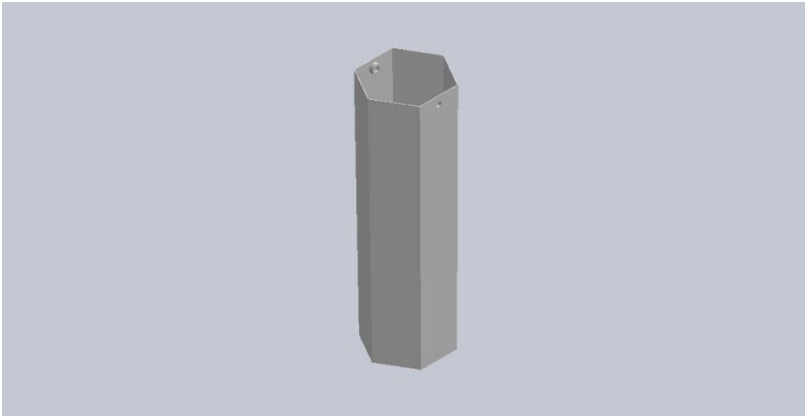
BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2034-Estudio Estático PET 8C 1800mm-Desplazamientos-Desplazamientos1{1}



ANEXO I

Analisis HIPS 6C 1800 Milímetros

Analisis de pandeo



Descripción

Estudio de Análisis Estático realizado al modelo de 6 caras altura 1800 mm y Plástico HIPS

Simulación de Analisis de Pandeo HIPS 6C 1800

Fecha: viernes, 08 de marzo de 2013

Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: Estudio de Pandeo HIPS 6C 1800mm

Tipo de análisis: Pandeo

Table of Contents


Descripción.....	147
Suposiciones.....	¡Error! Marcador no definido.
Información de modelo.....	148
Propiedades del estudio	148
Unidades	149
Propiedades de material	149
Cargas y sujeciones	149
Definiciones de conector.....	¡Error! Marcador no definido
Información de contacto.....	¡Error! Marcador no definido.
Información de malla	150
Detalles del sensor	150
Resultados del estudio.....	151
Conclusión.....	¡Error! Marcador no definido.

Información de modelo



Nombre del modelo: BASE 6 x 1800
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Sólido importado1 	Sólido	Masa:18.0678 kg Volumen:0.0167295 m ³ Densidad:1080 kg/m ³ Peso:177.065 N	C:\Users\Gladys\Desktop\Solid\HIPS 6C 1800mm\Estudio Estatico\biombo 3.sldprt Mar 08 22:56:54 2013

Propiedades del estudio

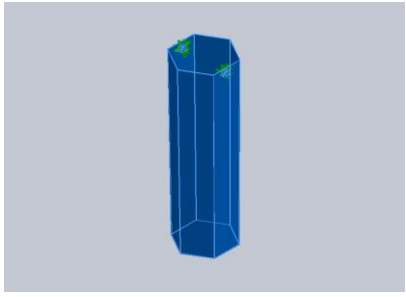
Nombre de estudio	Estudio de Pandeo HIPS 6C 1800mm
Tipo de análisis	Pandeo
Tipo de malla	Malla sólida
Número de modos	1
Tipo de solver	FFEPlus
Opciones de unión rígida incompatibles	Automática
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SolidWorks Flow Simulation	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SolidWorks (c:\users\gladys\appdata\local\temp)



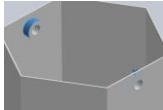
Unidades

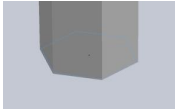
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: HIPS Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Desconocido Límite de tracción: 2.4e+007 N/m² Densidad: 1080 kg/m³ Módulo elástico: 2.1e+009 N/m² Coeficiente de dilatación térmica: 70 /Kelvin</p>	<p>Sólido 1(Sólido importado1)(biombo 3-1)</p>
Datos de curva:N/A		

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		<p>Entidades: 2 cara(s) Tipo: Geometría fija</p>

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		<p>Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 352.8 N</p>



Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	51.6205 mm
Tolerancia	2.58103 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	15895
Número total de elementos	7883
Cociente máximo de aspecto	32.232
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	1.03
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	43.2
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:13
Nombre de computadora:	GLADYS-PC

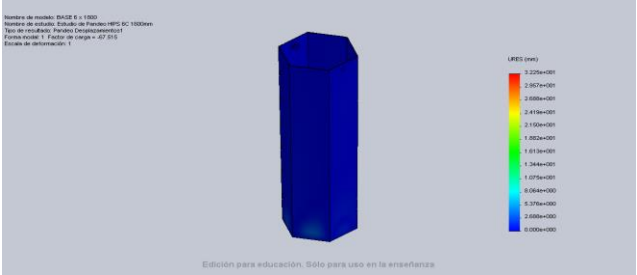


Detalles del sensor

No hay datos

Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante Plot para forma modal: 1(Factor de carga = -67.5151)	0 mm Nodo: 15	32.255 mm Nodo: 4507



Edición para educación. Sólo para uso en la enseñanza

BASE 6 x 1800-Estudio de Pandeo HIPS 6C 1800mm-Desplazamientos-Desplazamientos1

Lista de modos

Número de modos	Factor de cargas
1	-67.515

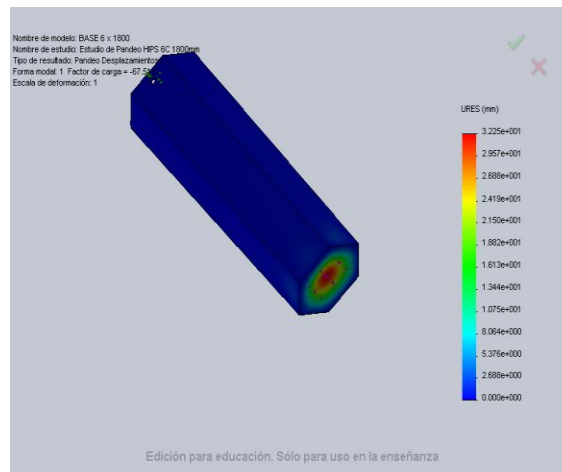
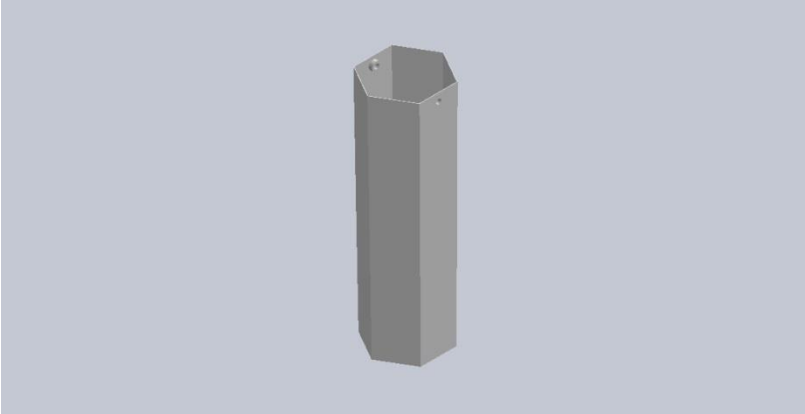


Imagen-1

Analisis Estatico



Descripción

Estudio de Análisis Estático realizado al modelo de 6 caras altura 1800 mm y Plástico HIPS

Simulación de Analisis Estatico HIPS 6C 1800

Fecha: viernes, 08 de marzo de 2013

Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: Estudio Estático HIPS 6C 1800mm


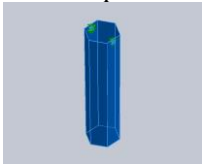
Tipo de análisis: Estático

Table of Contents

Descripción.....	152
Suposiciones.....	¡Error! Marcador no definido.
Información de modelo.....	153
Propiedades del estudio	153
Unidades	154
Propiedades de material	154
Cargas y sujeciones	154
Definiciones de conector.....	¡Error! Marcador no definido
Información de contacto.....	¡Error! Marcador no definido.
Información de malla	155
Detalles del sensor	155
Fuerzas resultantes	156
Vigas.....	¡Error! Marcador no definido.
Resultados del estudio	157
Conclusión.....	¡Error! Marcador no definido.



Información de modelo

 <p>Nombre del modelo: BASE 6 x 1800 Configuración actual: Predeterminado</p>			
Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Sólido importado1 	Sólido	Masa:18.0678 kg Volumen:0.0167295 m ³ Densidad:1080 kg/m ³ Peso:177.065 N	C:\Users\Gladys\Desktop\Solid\HIPS 6C 1800mm\Estudio Estatico\biombo 3.sldprt Mar 08 22:56:54 2013

Propiedades del estudio

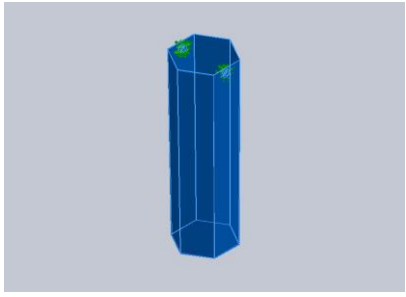
Nombre de estudio	Estudio Estático HIPS 6C 1800mm
Tipo de análisis	Estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SolidWorks Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automática
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SolidWorks (c:\users\gladys\appdata\local\temp)



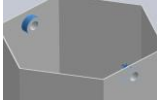
Unidades

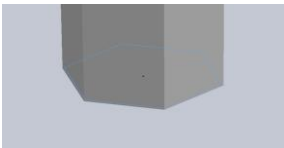
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	Nombre: HIPS Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Desconocido Límite de tracción: 2.4e+007 N/m² Módulo elástico: 2.1e+009 N/m² Densidad: 1080 kg/m³ Coeficiente de dilatación térmica: 70 /Kelvin	Sólido 1(Sólido importado1)(biombo 3-1)
Datos de curva:N/A		

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Geometría fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-3.07873	352.786	9.53674e-007	352.8
Momento de reacción(N-m)	0	0	0	0


Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 352.8 N



Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	51.6205 mm
Tolerancia	2.58103 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	15895
Número total de elementos	7883
Cociente máximo de aspecto	32.232
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	1.03
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	43.2
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:09
Nombre de computadora:	GLADYS-PC
	

Detalles del sensor

No hay datos

Fuerzas resultantes

Fuerzas de reacción


Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N	-3.07873	352.786	9.53674e-007	352.8

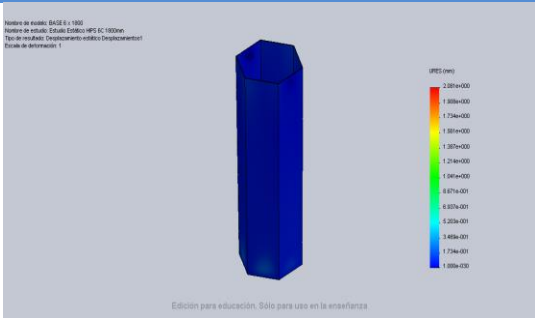
Momentos de reacción

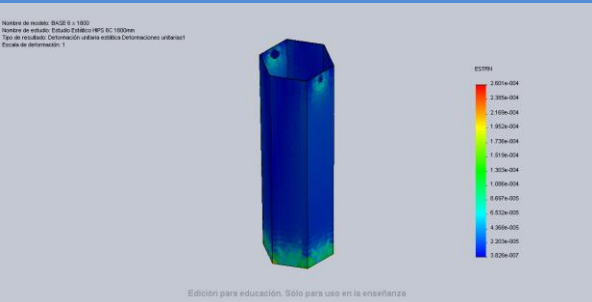
Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N-m	0	0	0	0



Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	233.876 N/m ² Nodo: 11490	2.3888e+006 N/m ² Nodo: 1995
 <p>BASE 6 x 1800-Estudio Estático HIPS 6C 1800mm-Tensiones-Tensiones1</p>			

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante	0 mm Nodo: 15	2.08111 mm Nodo: 15158
 <p>BASE 6 x 1800-Estudio Estático HIPS 6C 1800mm-Desplazamientos-Desplazamientos1</p>			

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	3.82576e-007 Elemento: 991	0.000260144 Elemento: 7594
 <p>BASE 6 x 1800-Estudio Estático HIPS 6C 1800mm-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1</p>			

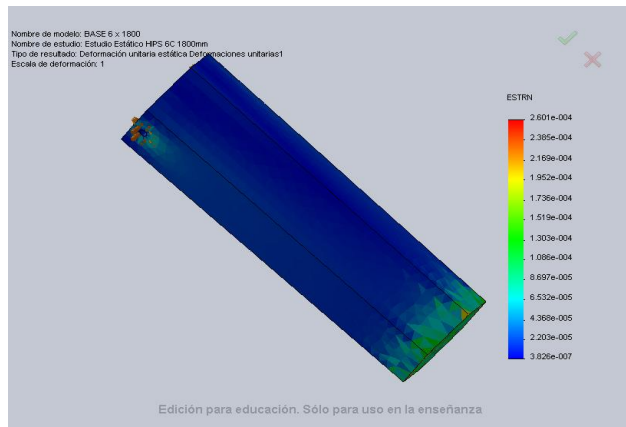
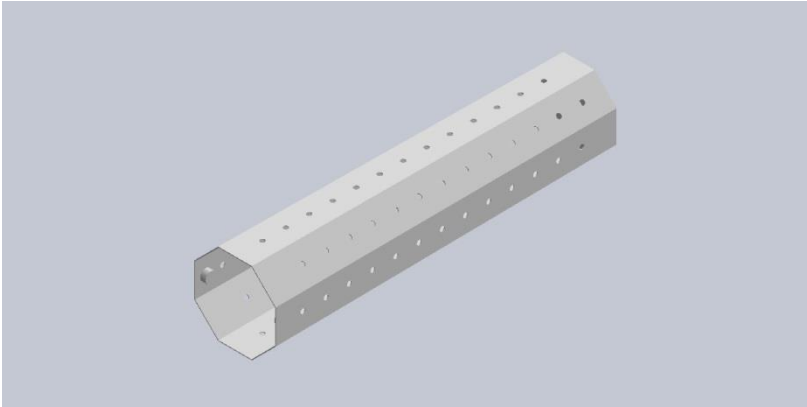


Imagen-1

ANEXO J

Analisis PET 8C 2200 milímetros

Analisis de Frecuencia



Descripción

Estudio de Analisis de Frecuencia realizado al modelo de 8 caras altura 2200 mm y Plástico PET

Simulación de BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2200

Fecha: sábado, 02 de marzo de 2013

Diseñador: Solidworks

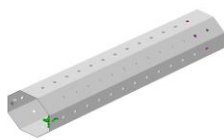
Nombre de estudio: Estudio de Frecuencia PET 8C 2200mm

Tipo de análisis: Frecuencias

Table of Contents

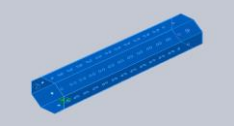
Descripción.....	159
Suposiciones.....	¡Error! Marcador no definido.
Información de modelo.....	160
Propiedades del estudio	160
Unidades	161
Propiedades de material	161
Cargas y sujeciones	161
Definiciones de conector.....	¡Error! Marcador no definido
Información de contacto.....	¡Error! Marcador no definido.
Información de malla	162
Detalles del sensor	162
Resultados del estudio	163
Conclusión	¡Error! Marcador no definido.

Información de modelo



Nombre del modelo: BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2200
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Sólido importado1 	Sólido	Masa:26.8899 kg Volumen:0.0189365 m ³ Densidad:1420 kg/m ³ Peso:263.521 N	C:\Users\Gladys\Desktop\Solid\ABS 8C 2200mm\Estudio Estatico\biombo1-1.sldprt Mar 02 14:24:27 2013

Propiedades del estudio

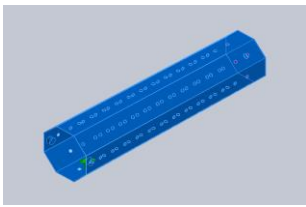
Nombre de estudio	Estudio de Frecuencia PET 8C 2200mm
Tipo de análisis	Frecuencias
Tipo de malla	Malla sólida
Número de frecuencias	5
Tipo de solver	Automatic
Muelle blando:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automática
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SolidWorks Flow Simulation	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SolidWorks (c:\users\gladys\appdata\local\temp)



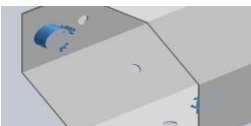
Unidades

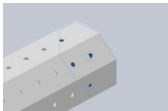
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: PET Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Desconocido Límite de tracción: 5.73e+007 N/m² Densidad: 1420 kg/m³ Módulo elástico: 2.96e+009 N/m² Coeficiente de Poisson: 0.37</p>	<p>Sólido 1(Sólido importado1)(biombo1-1-1)</p>
Datos de curva:N/A		

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		<p>Entidades: 1 arista(s), 1 cara(s) Tipo: Geometría fija</p>

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		<p>Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 462.4 N</p>



Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	71.3968 mm
Tolerancia	3.56984 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

Información de malla - Detalles

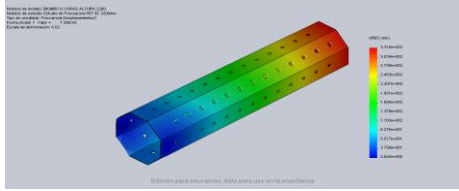
Número total de nodos	41138
Número total de elementos	19471
Cociente máximo de aspecto	48.491
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	0.293
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	17.1
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:36
Nombre de computadora:	GLADYS-PC
	

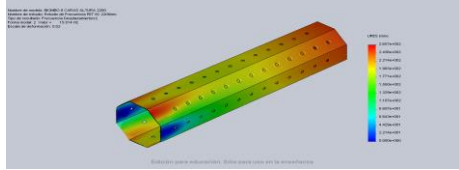
Detalles del sensor

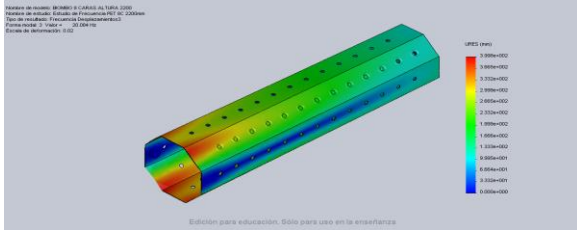
No hay datos

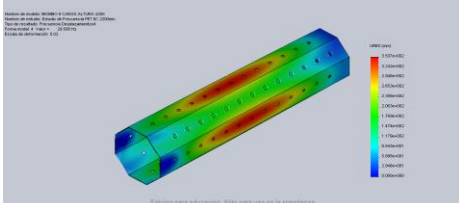


Resultados del estudio

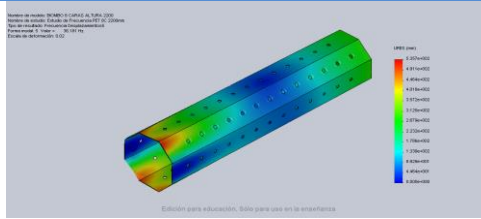
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante Plot para forma modal: 1(Valor = 7.288 Hz)	0 mm Nodo: 1107	331.024 mm Nodo: 5649
 <p>BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2200-Estudio de Frecuencia PET 8C 2200mm-Desplazamientos-Desplazamientos1</p>			

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos2	URES: Desplazamiento resultante Plot para forma modal: 2(Valor = 15.5137 Hz)	0 mm Nodo: 1107	265.711 mm Nodo: 16309
 <p>BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2200-Estudio de Frecuencia PET 8C 2200mm-Desplazamientos-Desplazamientos2</p>			

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos3	URES: Desplazamiento resultante Plot para forma modal: 3(Valor = 20.0839 Hz)	0 mm Nodo: 1107	399.81 mm Nodo: 3495
 <p>BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2200-Estudio de Frecuencia PET 8C 2200mm-Desplazamientos-Desplazamientos3</p>			

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos4	URES: Desplazamiento resultante Plot para forma modal: 4(Valor = 29.5085 Hz)	0 mm Nodo: 1107	353.72 mm Nodo: 38739
			

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos5	URES: Desplazamiento resultante Plot para forma modal: 5(Valor = 36.1809 Hz)	0 mm Nodo: 1107	535.731 mm Nodo: 11999



BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2200-Estudio de Frecuencia PET 8C 2200mm-Desplazamientos-Desplazamientos5

Lista de modos

Número de frecuencias	Rad/seg	Hertz	Segundos
1	45.792	7.288	0.13721
2	97.476	15.514	0.064459
3	126.19	20.084	0.049791
4	185.41	29.508	0.033889
5	227.33	36.181	0.027639

Participación de masa (Normalizada)

Número de modos	Frecuencia(Hertz)	Dirección X	Dirección Y	Dirección Z
1	7.288	8.9718e-006	0.68768	7.2577e-008
2	15.514	0.90328	1.8306e-005	3.3159e-005
3	20.084	0.0011697	0.00028444	1.6062e-006
4	29.508	0.00037161	9.8566e-006	0.012598
5	36.181	0.0054589	6.2652e-005	2.6468e-005
		Sum X = 0.91029	Sum Y = 0.68806	Sum Z = 0.01266

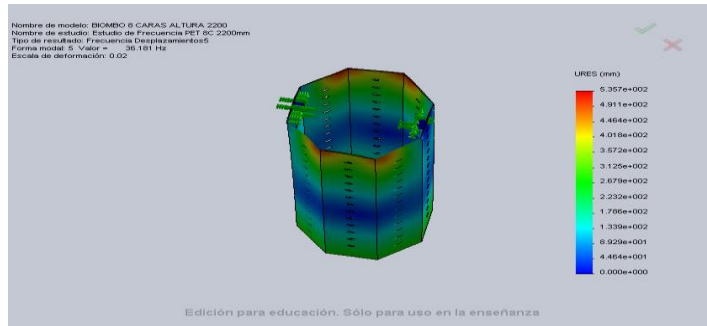


Imagen-1

Simulación de BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2200

Fecha: sábado, 02 de marzo de 2013

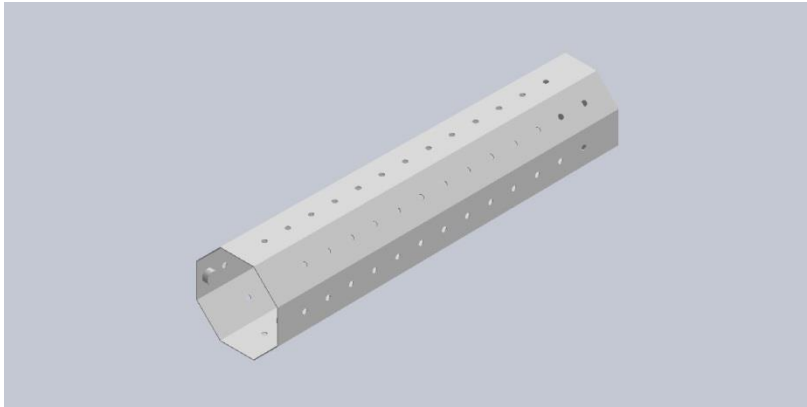
Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: Estudio de Pandeo PET 8C 2200mm

Tipo de análisis: Pandeo

Table of Contents

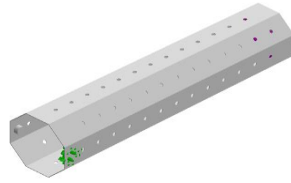
Descripción.....	166
Suposiciones.....	¡Error! Marcador no definido.
Información de modelo.....	167
Propiedades del estudio	167
Unidades	168
Propiedades de material	168
Cargas y sujeciones	168
Definiciones de conector.....	¡Error! Marcador no definido
Información de contacto.....	¡Error! Marcador no definido.
Información de malla	169
Detalles del sensor	169
Resultados del estudio	170
Conclusión.....	¡Error! Marcador no definido.



Descripción

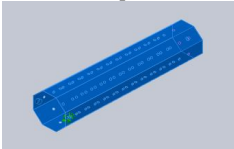
Estudio de Analisis de Pandeo realizado al modelo de 8 caras altura 2200 mm y Plástico PET

Información de modelo



Nombre del modelo: BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2200
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Sólido importado1 	Sólido	Masa:26.8899 kg Volumen:0.0189365 m ³ Densidad:1420 kg/m ³ Peso:263.521 N	C:\Users\Gladys\Desktop\Solid\ABS 8C 2200mm\Estudio Estatico\biombo1-1.sldprt Mar 02 14:24:27 2013

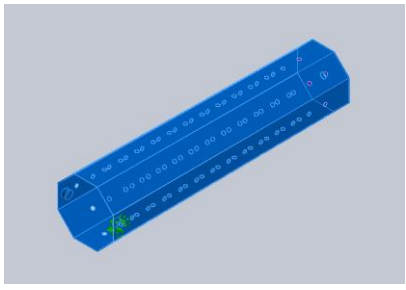
Propiedades del estudio

Nombre de estudio	Estudio de Pandeo PET 8C 2200mm
Tipo de análisis	Pandeo
Tipo de malla	Malla sólida
Número de modos	1
Tipo de solver	FFEPlus
Opciones de unión rígida incompatibles	Automática
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SolidWorks Flow Simulation	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SolidWorks (c:\users\gladys\appdata\local\temp)

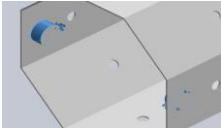
Unidades

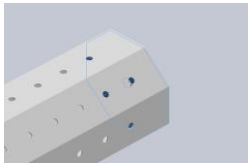
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: PET Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Desconocido Límite de tracción: 5.73e+007 N/m² Densidad: 1420 kg/m³ Módulo elástico: 2.96e+009 N/m² Coeficiente de Poisson: 0.37</p>	<p>Sólido 1(Sólido importado1)(biombo1-1-1)</p>
Datos de curva:N/A		

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		<p>Entidades: 2 cara(s) Tipo: Geometría fija</p>

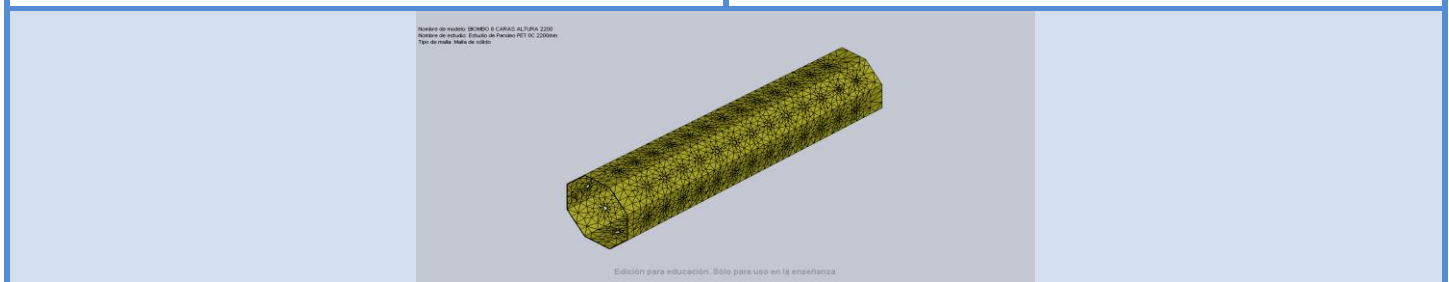
Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		<p>Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 462.4 N</p>

Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	54.9206 mm
Tolerancia	2.74603 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	44369
Número total de elementos	21045
Cociente máximo de aspecto	34.317
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	0.223
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	10.3
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:44
Nombre de computadora:	GLADYS-PC



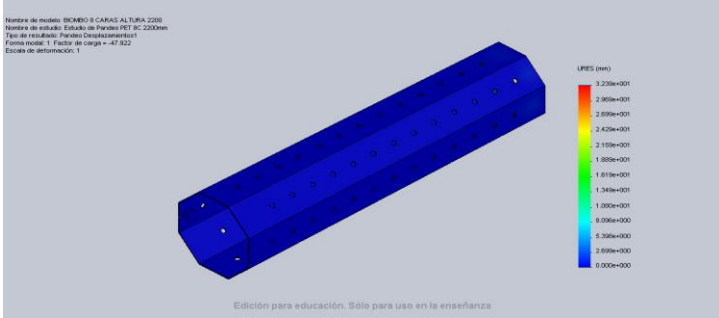
Detalles del sensor

No hay datos

Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante Plot para forma modal: 1(Factor de carga = -47.9222)	0 mm Nodo: 1471	32.3851 mm Nodo: 42415

Nombre de modelo: BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2200
 Nombre de estudio: Estudio de Pandeo PET 8C 2200mm
 Tipo de resultado: Pandeo Desplazamientos1
 Forma modal: 1 Factor de carga = -47.922
 Escala de deformación: 1



Edición para educación. Sólo para uso en la enseñanza

BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2200-Estudio de Pandeo PET 8C 2200mm-Desplazamientos-Desplazamientos1

Lista de modos

Número de modos	Factor de cargas
1	-47.922

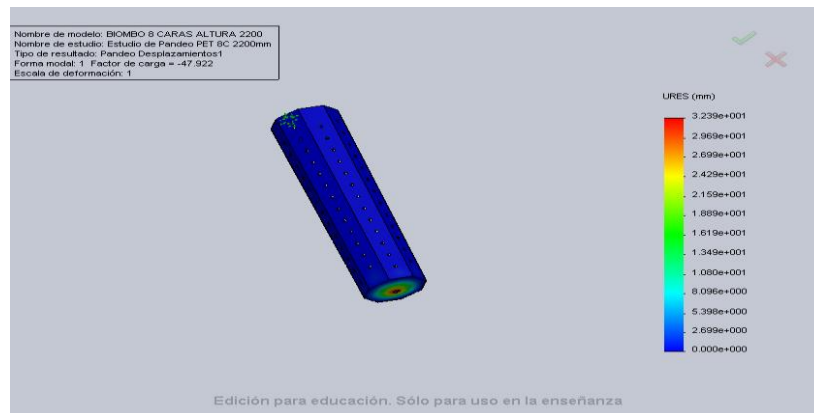
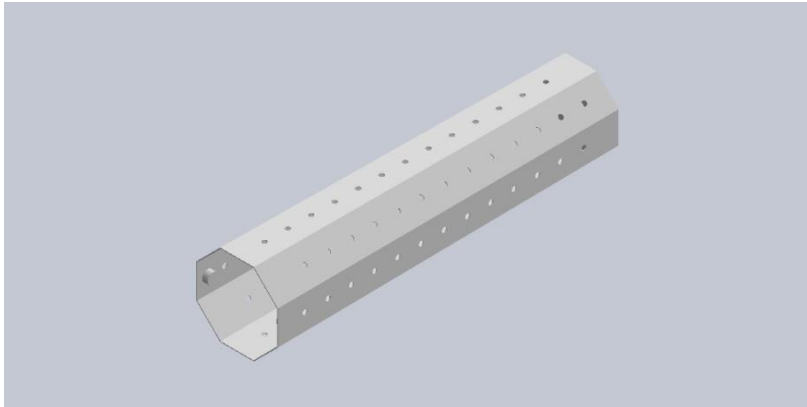


Imagen-1

Analisis estatico



Descripción

Estudio de Analisis Estatico realizado al modelo de 8 caras altura 2200 mm y Plástico PET

Simulación de BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2200

Fecha: sábado, 02 de marzo de 2013

Diseñador: Solidworks

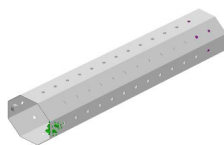
Nombre de estudio: Estudio Estatico PET 8C 2200mm

Tipo de análisis: Estático

Table of Contents

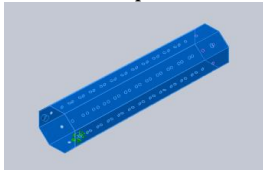
Descripción	171
Suposiciones	¡Error! Marcador no definido.
Información de modelo	172
Propiedades del estudio	172
Unidades	173
Propiedades de material.....	173
Cargas y sujeciones.....	173
Definiciones de conector.....	¡Error! Marcador no definido
Información de contacto.....	¡Error! Marcador no definido.
Información de malla.....	174
Detalles del sensor.....	¡Error! Marcador no definido.
Fuerzas resultantes.....	175
Vigas	¡Error! Marcador no definido.
Resultados del estudio.....	176
Conclusión	¡Error! Marcador no definido.

Información de modelo



Nombre del modelo: BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2200

Configuración actual: Predeterminado

Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Sólido importado1 	Sólido	Masa:26.8899 kg Volumen:0.0189365 m ³ Densidad:1420 kg/m ³ Peso:263.521 N	C:\Users\Gladys\Desktop\Solid\ABS 8C 2200mm\Estudio Estatico\biombo1-1.sldprt Mar 02 14:24:27 2013

Propiedades del estudio

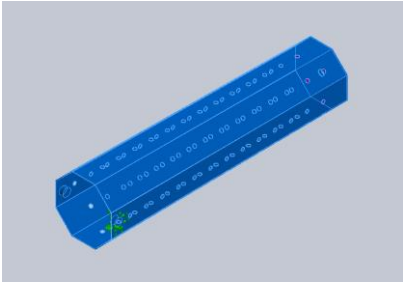
Nombre de estudio	Estudio Estatico PET 8C 2200mm
Tipo de análisis	Estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SolidWorks Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automática
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar



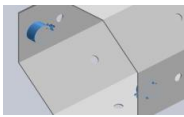
Unidades

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

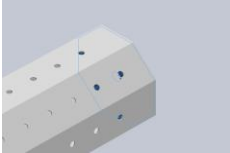
Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: PET Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Desconocido Límite de tracción: 5.73e+007 N/m² Límite de compresión: 9.29e+007 N/m² Módulo elástico: 2.96e+009 N/m² Coeficiente de Poisson: 0.37 Densidad: 1420 kg/m³</p>	<p>Sólido 1(Sólido importado1)(biombo1-1-1)</p>
Datos de curva:N/A		

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		<p>Entidades: 2 cara(s) Tipo: Geometría fija</p>		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-28.7656	24.5288	469.989	471.507
Momento de reacción(N-m)	0	0	0	0



Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 462.4 N

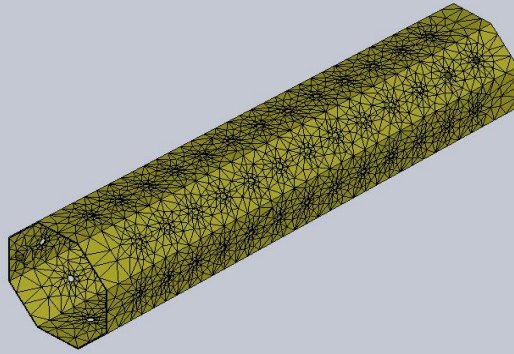
Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	63.1587 mm
Tolerancia	3.15793 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	44311
Número total de elementos	21045
Cociente máximo de aspecto	47.128
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	0.299
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	15
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:48
Nombre de computadora:	GLADYS-PC

Nombre de modelo: BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2200
Nombre de estudio: Estudio Estático PET 8C 2200mm
Tipo de malla: Malla de sólido



Edición para educación. Sólo para uso en la enseñanza

Fuerzas resultantes

Fuerzas de reacción

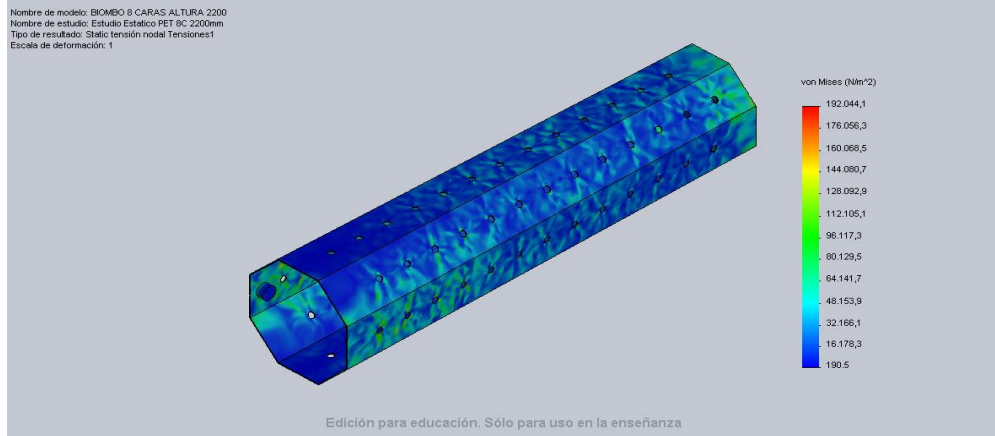
Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N	-28.7656	24.5288	469.989	471.507

Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N-m	0	0	0	0

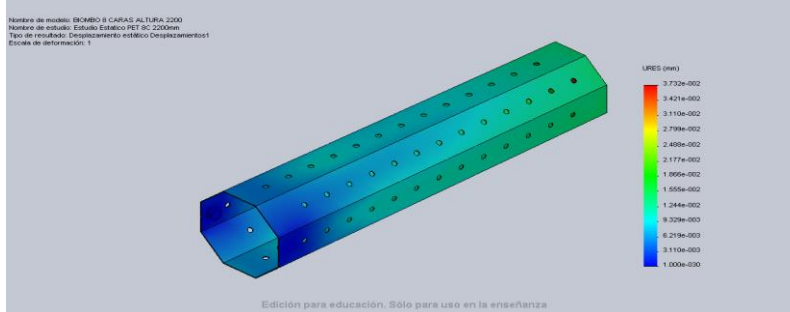
Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	190.459 N/m ² Nodo: 34737	192044 N/m ² Nodo: 1296



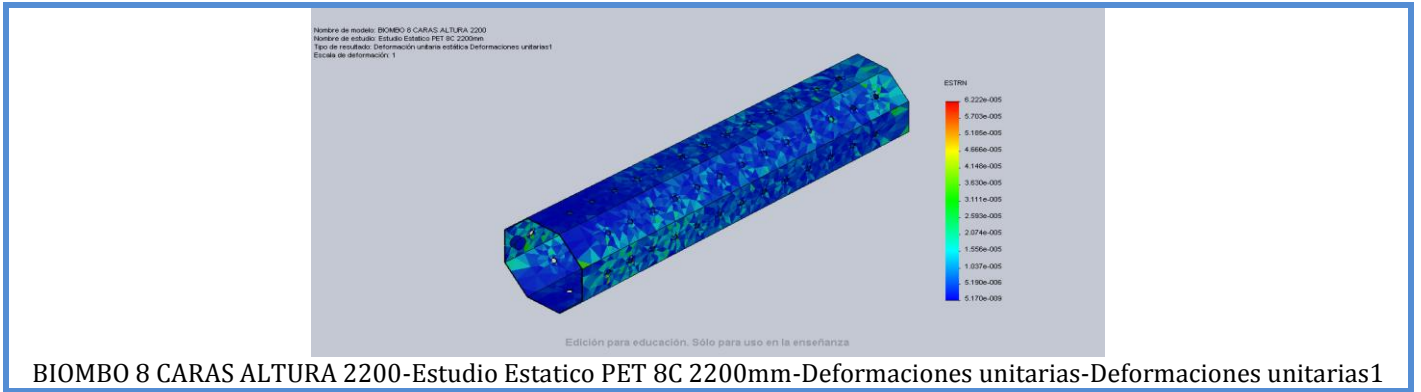
BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2200-Estudio Estático PET 8C 2200mm-Tensiones-Tensiones1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante	0 mm Nodo: 1471	0.0373158 mm Nodo: 42401



BIOMBO 8 CARAS ALTURA 2200-Estudio Estático PET 8C 2200mm-Desplazamientos-Desplazamientos1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	5.16997e-009 Elemento: 17323	6.22181e-005 Elemento: 8219



Nombre	Tipo
Desplazamientos1{1}	Forma deformada
<p>Nombre de modelo: BIOMBO 8 CARAS ALTIMA 2200 Nombre de estudio: Estudio Estático PET 8C 2200mm Tipo de resultado: Forma deformada-Desplazamientos1(1) Escala de deformación: 1</p> <p>Edición para educación. Sólo para uso en la enseñanza</p> <p>BIOMBO 8 CARAS ALTIMA 2200-Estudio Estático PET 8C 2200mm-Desplazamientos-Desplazamientos1{1}</p>	

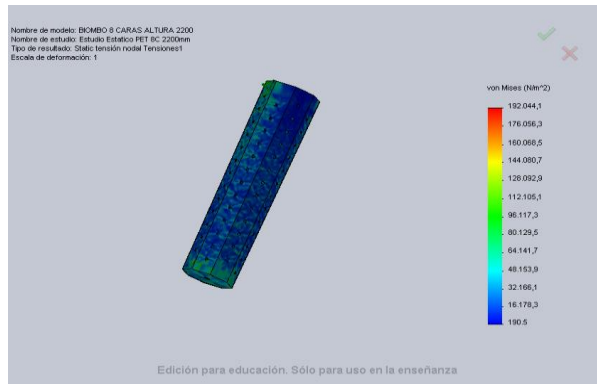


Imagen-1



ANEXO K

Modelos matemáticos estudiados

IDENTIFICACIÓN DE MODELOS DE CRECIMIENTO DE LECHUGAS

Han sido varios los avances que se han hecho para la optimización y desarrollo efectivo del crecimiento de plantas bajo condiciones diferentes a las tradicionales, en donde se puede tener un control efectivo de las múltiples variables que afectan directamente el crecimiento de las plantas (temperatura, cantidad de sustrato, luz, agua, entre otros). La gran mayoría de esas variables se controlan en invernaderos o laboratorios científicos y bajo diferentes métodos de cultivo como el tradicional, sobre tierra, hidropónico o aeropónico basados en ecuaciones matemáticas.

Una de las grandes dificultades que se encontró para el desarrollo del presente trabajo para la simulación de un sistema de producción agroindustrial tipo aeropónico, fue establecer y validar por medio de un modelo propio el crecimiento de lechugas, teniendo en cuenta que los tiempos de producción y desarrollo de las plantas están basados en la optimización de las variables mencionadas anteriormente; ya que estas afectan directamente un cultivo y que no es un trabajo relacionado de la carrera por la cual se opta el título. Por tal razón es muy importante destacar algunos de los trabajos y modelos que se han desarrollado en los cuales los autores han dedicado gran tiempo de investigación y desarrollo científico, que se requieren al establecer un modelo como estos.

A continuación es posible identificar dos modelos y trabajos destacados, que tienen un gran aporte en el desarrollo óptimo de lechugas bajo invernadero.

ANÁLISIS DE CRECIMIENTO DE LA LECHUGA

En su tesis para optar el título de Maestro en Ciencias, titulada “*Análisis de crecimiento de la lechuga*”, el Ingeniero Córdova (2006), toma como referencia el modelo planteado por el científico Van Henten (1994) que utilizó un modelo matemático del crecimiento dinámico de lechugas dentro de un invernadero para definir el control óptimo de desarrollo. De acuerdo con la descripción presente en la tesis Van Henten simula el crecimiento de las lechugas que se desarrollan bajo condiciones de invernadero utilizando mediciones estadísticas del clima exterior, como la humedad, temperatura y radiación solar, todos esos datos fueron arreglos de valores discretos. Córdova propone la utilización de series de Fourier para optimizar los tiempos de respuesta en la simulación de las lechugas. A continuación es posible identificar el modelo de crecimiento sobre el cual se basó Córdova:

- Van Henten (1994): En su trabajo doctoral Henten identificó dos modelos de crecimiento de lechugas. En la ecuación (1.1) es posible ver la dinámica del crecimiento de un cultivo sin considerar variables climatológicas, como temperatura, humedad y concentración de bióxido de carbono:

$$\frac{dx_d}{dt} = c\beta(c\alpha\phi_{\text{fot}} - \phi_{\text{resp}}) \quad (1.1)$$



Dónde:

$$\frac{dXd}{dt} = \text{Materia seca (Kg m}^{-2}\text{)}$$

$$\phi_{fot} = \text{Es la fotosíntesis bruta considerada como absorción de CO}_2 \text{ (Kg m}^{-2} \text{ s}^{-1}\text{)}$$

$$\phi_{resp} = \text{Es la razón de respiración, expresada en términos del monto de carbohidratos consumidos (Kg m}^{-2} \text{ s}^{-1}\text{)}$$

$c\beta$ = Es el parámetro de la respiración y pérdida de síntesis de la conversión de carbohidratos a materia estructural y tiene un valor de 0 a 1

$c\alpha$ = Parámetro para convertir dióxido de carbono asimilado a su equivalente en azúcares.

El modelo matemático que describe la dinámica del clima dentro de un invernadero, está dada por las ecuaciones (1.2), (1.3) y (1.4):

$$\frac{dX_t}{dt} = \frac{1}{C_{cap,q}} (Q_{pl,al} - Q_{al,ou} + Q_{rad}) \quad (1.2)$$

$$\frac{dX_c}{dt} = \frac{1}{C_{cap,c}} (U_c - \phi_{c,al,pl} - \phi_{c,al,ou}) \quad (1.3)$$

$$\frac{dX_h}{dt} = \frac{1}{C_{cap,h}} (\phi_{h,al,pl} - \phi_{h,al,ou}) \quad (1.4)$$

En donde:

X_t = Es la temperatura del aire en el invernadero ($^{\circ}\text{C}$)

X_c = Es la concentración de dióxido de carbono dentro del invernadero Kg m^{-3}

X_h = Es la humedad absoluta dentro del invernadero Kg m^{-3}

$C_{cap,q}$ ($\text{J m}^{-2} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$), $C_{cap,c}$ (m), $C_{cap,h}$ (m) = Son las capacidades de calor masa y aire dentro del invernadero.

Van Henten (1994) en su tesis doctoral integra la dinámica del clima dentro del invernadero, ecuaciones (1.2), (1.3) y (1.4) con la del crecimiento de un cultivo, ecuación (1.1), estas ecuaciones se describen a continuación:

$$\frac{dX_d}{dt} = c_{\alpha\beta}(1 - e^{-c_{pl,a}X_d}) \frac{c_1 V_1 (-c_{co2,1} X_t^2 + c_{co2,2} X_t - c_{co2,3})(X_c - c_{\Gamma})}{c_1 V_1 + (-c_{co2,1} X_t^2 + c_{co2,2} X_t - c_{co2,3})(X_c - c_{\Gamma})} - \dots$$

$$\dots - c_{resp,1} X_d^{2(0,1X_t-2,5)}. [\text{kg m}^{-2} \text{ s}^{-1}]$$



$$\frac{dX_c}{dt} = \frac{1}{C_{cap,c}} \left[-(1 - e^{-c_{pl,d} X_d}) \frac{c_1 V_1 (-c_{co2,1} X_t^2 + c_{co2,2} X_t - c_{co2,3})(X_c - c_\Gamma)}{c_1 V_1 + (-c_{co2,1} X_t^2 + c_{co2,2} X_t - c_{co2,3})(X_c - c_\Gamma)} + \dots + c_{resp,2} X_d 2^{(0,1 X_t - 2,5)} + U_c - (U_v + C_{leak})(X_c - V_c) \right]. \text{ [kg m}^{-3} \text{ s}^{-1}]$$

$$\frac{dX_t}{dt} = \frac{1}{C_{cap,q}} (U_q - (c_{cap,q,v} U_v + C_{al,ou})(X_t - V_t) + c_{rad} V_1). \text{ [}^\circ\text{C s}^{-1}]$$

$$\frac{dX_h}{dt} = \frac{1}{C_{cap,h}} \left((1 - e^{-c_{pl,d} X_d}) c_{v,pl,al} \left(\frac{c_{v,5}}{c_R (X_t + c_{t,abs})} e^{\frac{c_{v,2} X_t}{X_t + c_{v,3}}} - X_h \right) - \dots - (U_v + C_{leak})(X_h - V_h) \right). \text{ [kg m}^{-3} \text{ s}^{-1}]$$

En donde:

X_d (Kg m^{-2}), X_c (Kg m^{-3}), X_t ($^\circ\text{C}$), X_h (Kg m^{-3}), son el peso seco del cultivo, la concentración de dióxido de carbono, la temperatura del aire y la humedad absoluta.

U_v (m s^{-1}) = Es el flujo de ventilación a través de la ventana.

U_q (W m^{-2}) = Es la entrada de energía dada por el sistema térmico.

U_c ($\text{Kg m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) = Es la razón de suministro de bióxido de carbono.

V_i (W m^{-2}) = Es la radiación solar.

V_t ($^\circ\text{C}$) = Es la temperatura exterior.

V_c (Kg m^{-3}) = Es la concentración de bióxido de carbono exterior.

V_h (Kg m^{-3}) = Es la humedad absoluta exterior.

Los demás parámetros del modelo se muestran a continuación:

Tabla 1.3 Parámetros del modelo de la lechuga de Van Hensen (1994)



Parámetro	Valor	Unidad
$c_{\alpha\beta}$	0,544	–
c_{pl}	53	$m^2 kg^{-1}$
c_l	$3,55 \times 10^{-9}$	$kg J^{-1}$
$c_{co2,1}$	$5,11 \times 10^{-6}$	$m s^{-1} \circ C^{-2}$
$c_{co2,2}$	$2,30 \times 10^{-4}$	$m s^{-1} \circ C^{-1}$
$c_{co2,3}$	$6,29 \times 10^{-4}$	$m s^{-1}$
c_{Γ}	$5,2 \times 10^{-5}$	$kg m^{-3}$
$c_{resp,1}$	$2,65 \times 10^{-7}$	s^{-1}
$c_{resp,2}$	$4,87 \times 10^{-7}$	s^{-1}
$c_{al,ou}$	6,1	$W m^{-2} \circ C^{-1}$
$c_{v,5}$	9348	$J kg m^{-3} kmol^{-1}$
$c_{pl,s}$	62,8	$m^2 kg^{-1}$
c_{gr}	$6,25 \times 10^{-6}$	s^{-1}
$c_{resp,3}$	$3,3 \times 10^{-7}$	s^{-1}
$c_{resp,4}$	$1,8 \times 10^{-6}$	s^{-1}

Fuente: Córdova (2006), Análisis *del Crecimiento de la lechuga*, México D.F.

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE UN MODELO DINÁMICO DE CRECIMIENTO PARA LECHUGAS CULTIVADAS EN INVERNADERO

En el trabajo de postgrado de Ingeniería Agrícola de la Universidad Autónoma de Chapingo en México, los Ingenieros Irineo López, Armando Ramírez y Abraham Rojano (2004), desarrollaron un análisis de sensibilidad del modelo dinámico de crecimiento de lechugas NICOLET (Nitrate Control in Lettuce)B3, con datos recolectados de un experimento de crecimiento de lechugas cultivadas en un invernadero en la ciudad de Chapingo, usando variables de entrada climatológicas y variables independientes con ruido blanco. La descripción del modelo NICOLET B3, está definido por las dos siguientes ecuaciones diferenciales:

$$\frac{dM_{Cv}}{dt} = F_{Cav} - h_g F_{Cm} - F_{Cg} - F_{Cvs}$$

$$\frac{dM_{Cs}}{dt} = F_{Cvs} - (1 - h_g) F_{Cm}$$

Dónde:

M_{cv} (mol(C)m⁻² (Suelo)) = Variable de estado de carbono en las vacuolas



M_{cs} (mol(C)m⁻² (Suelo)) = Representa la cantidad de carbono en la estructura

h_g (A dimensional) = Función de inhibición de crecimiento de la planta

El flujo de carbono F_{cm} (mol(C)m⁻² (Suelo)s⁻¹) del aire de las vacuolas (tasa de fotosíntesis), se calcula con la siguiente función:

$$F_{Cav} = p\{I, C_{Ca}\} f\{M_{Cs}\} h_p\{C_{Cv}\}$$

Donde la función de fotosíntesis total $p\{I, C_{Ca}\}$ (mol(C)m⁻² (Suelo)s⁻¹) depende de las variables de entrada de radiación PAR (I, Wm⁻²) y concentración de CO₂ (C_{ca}, ppm) y se calcula con la siguiente ecuación hiperbólica:

$$p\{I, C_{Ca}\} = \frac{\epsilon I \sigma (C_{Ca} - C_C)}{\epsilon I + \sigma (C_{Ca} - C_C)}$$

Que incluye los parámetros de eficiencia ϵ (mol(C)mol⁻¹ (PAR)), el parámetro de conductancia foliar de CO₂ δ (ms⁻¹) y la concentración de CO₂ en el punto de compensación (C_c, ppm).

La conclusión general del trabajo mostro que tres parámetros, el coeficiente de respiración de mantenimiento, coeficiente de extinción a través del dosel (techo) y el coeficiente de tasa de crecimiento sin inhibición de un dosel cerrado afectan el comportamiento de las plantas, adicionalmente se concluyo algunos parámetros no tienen relevancia en el modelamiento del crecimiento y pueden ser omitidos, simplificando la estructura original del modelo. (López, Ramírez & Rojano, 2004)

OTROS ESTUDIOS RELEVANTES

Dentro de la investigación se encontraron estudios relevantes adicionales de modelos de crecimiento de lechuga, que presentaban las mismas características de ecuaciones generales del modelo, donde involucran múltiples factores, mencionados en los anteriores estudios. Entre ellos es importante destacar los siguientes trabajos:

- Modelling Uncertainty in Field grown iceberg lettuce production for decision support (Modelización con incertidumbre en el campo de la producción de lechugas como soporte de decisión (Harwood, Al Said, Pearson, Houghton & P. Hadley,2009).
- Evaluating Irrigation strategies for lettuce by simulation: 2. Nitrogen budget (Evaluación de las estrategias de riego para la lechuga por simulación). (Leenhardt, Lafolie, Bruckler & Cockborne,1997)



LICENCIA DE USO – AUTORIZACION DE LOS AUTORES

Actuando en nombre propio identificado (s) de la siguiente forma:

Nombre Completo Cristhian Javier Hernández Salamanca

Tipo de documento de identidad: C.C. T.I. C.E. Número: 1.012.363.521

Nombre Completo Juan Sebastian Piñeros Muñoz

Tipo de documento de identidad: C.C. T.I. C.E. Número: 1.013.609.844

Nombre Completo _____

Tipo de documento de identidad: C.C. T.I. C.E. Número: _____

Nombre Completo _____

Tipo de documento de identidad: C.C. T.I. C.E. Número: _____

El (Los) suscrito(s) en calidad de autor (es) del trabajo de tesis, monografía o trabajo de grado, documento de investigación, denominado:

Diseño de un prototipo de un sistema de producción
tipo aeroplanico.

Dejo (dejamos) constancia que la obra contiene información confidencial, secreta o similar: SI NO
(Si marqué (marcamos) SI, en un documento adjunto explicaremos tal condición, para que la Universidad EAN mantenga restricción de acceso sobre la obra).

Por medio del presente escrito autorizo (autorizamos) a la Universidad EAN, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad EAN y a los usuarios de bases de datos y sitios webs con los cuales la Institución tenga convenio, a ejercer las siguientes atribuciones sobre la obra anteriormente mencionada:

- A. Conservación de los ejemplares en la Biblioteca de la Universidad EAN.
- B. Comunicación pública de la obra por cualquier medio, incluyendo Internet
- C. Reproducción bajo cualquier formato que se conozca actualmente o que se conozca en el futuro
- D. Que los ejemplares sean consultados en medio electrónico
- E. Inclusión en bases de datos o redes o sitios web con los cuales la Universidad EAN tenga convenio con las mismas facultades y limitaciones que se expresan en este documento
- F. Distribución y consulta de la obra a las entidades con las cuales la Universidad EAN tenga convenio

Con el debido respeto de los derechos patrimoniales y morales de la obra, la presente licencia se otorga a título gratuito, de conformidad con la normatividad vigente en la materia y teniendo en cuenta que la Universidad EAN busca difundir y promover la formación académica, la enseñanza y el espíritu investigativo y emprendedor.

Manifiesto (manifestamos) que la obra objeto de la presente autorización es original, el (los) suscritos es (son) el (los) autor (es) exclusivo (s), fue producto de mi (nuestro) ingenio y esfuerzo personal y la realizó (zamos) sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es de exclusiva autoría y tengo (tenemos) la titularidad sobre la misma. En vista de lo expuesto, asumo (asumimos) la total responsabilidad sobre la elaboración, presentación y contenidos de la obra, eximiendo de cualquier responsabilidad a la Universidad EAN por estos aspectos.

En constancia suscribimos el presente documento en la ciudad de Bogotá D.C.,

NOMBRE COMPLETO: Cristhian Javier Hernández S.
FIRMA: Cristhian Javier Hernández
DOCUMENTO DE IDENTIDAD: 1012363521
FACULTAD: Ingeniería
PROGRAMA ACADÉMICO: Ingeniería de Producción

NOMBRE COMPLETO: Juan Sebastian Pineda Muñoz
FIRMA: Juan S. Pineda M.
DOCUMENTO DE IDENTIDAD: 1013609841
FACULTAD: Ingeniería
PROGRAMA ACADÉMICO: Ingeniería de Producción

NOMBRE COMPLETO: _____
FIRMA: _____
DOCUMENTO DE IDENTIDAD: _____
FACULTAD: _____
PROGRAMA ACADÉMICO: _____

NOMBRE COMPLETO: _____
FIRMA: _____
DOCUMENTO DE IDENTIDAD: _____
FACULTAD: _____
PROGRAMA ACADÉMICO: _____

Fecha de firma: 23/Abril/2013