



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## FACULTAD DE INGENIERÍA

Diseño y análisis de ganchos de sujeción de llantas en un  
transportador vertical de abastecimiento a almacén en  
planta de NISSAN CIVAC.

Informe de actividades de trabajo profesional

Para obtener el título de

Ingeniero Mecánico

Presenta: Luis Nahum Armas Hernández

Asesor: Dr. Fernando Velázquez Villegas



Año: 2014

# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>3</b>
<b>CAPÍTULO 1</b>	
<b>FATA AUTOMATION DE MÉXICO .....</b>	<b>5</b>
1.1 Misión.....	5
1.2 Visión.....	5
Organigrama.....	5
<b>CAPITULO 2</b>	
<b>DESCRIPCIÓN DEL PUESTO DE TRABAJO.....</b>	<b>6</b>
2.1 Requisitos.....	6
2.2 Objetivo.....	7
2.3 Funciones.....	7
<b>CAPITULO 3</b>	
<b>Proyecto y participación .....</b>	<b>7</b>
3.1 Antecedentes del proyecto.....	7
3.1.1 Tipo de proceso.....	7
3.1.2 Localización de la planta.....	11
3.2 Descripción del problema a solucionar.....	11
3.3 Aportaciones para la solución del problema.....	13
3.3.1 Criterios de diseño y fabricación .....	13
3.3.1.1 Requerimientos generales de diseño y fabricación.....	13
3.3.1.1.1 Recepción de especificaciones del cliente.....	13
3.3.1.1.2 Diseño.....	20
3.3.1.1.3 Evaluación de propuestas según especificaciones .....	22
3.3.1.1.4 Evaluación de propuestas de un punto de vista económico .....	37
3.3.1.1.5 Selección final de Diseño.....	38
3.3.1.1.6 Diseño a detalle.....	38
3.4 Análisis de los resultados obtenidos.....	40
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>42</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>43</b>

## INTRODUCCIÓN

En el siguiente reporte se describen las actividades que realiza el pasante de Ingeniería Mecánica en el ámbito laboral así como sus aportaciones y responsabilidades que tiene en el área de diseño de equipo mecánico.

FATA Automation de México S.A. de C.V se creó y estableció en la ciudad de México a partir de julio de 1997 como una filial de FATA Automation Inc. que tiene su sede en Sterling Heights, Michigan, USA y que fue fundada en 1947 en Torino Italia y se dedica entre otras a actividades, a la automatización integral de las plantas armadoras de automóviles.

Según la Secretaría de Economía, México se ubica entre los diez principales productores de automóviles, camiones, partes y componentes del mundo. Nuestro país cuenta con una industria madura, dinámica que continúa en crecimiento y que aporta una parte importante al producto interno bruto de nuestro país.

Asimismo, el país cuenta con 16 puertos internacionales y 85 aeropuertos además de 12 tratados y acuerdos comerciales con 44 países, los cuales representan el 15 por ciento de la población mundial. Por otra parte el sistema legal y político de México favorece el desarrollo de nuevos negocios y ofrece seguridad jurídica para la inversión. Es por ello que 8 de las 10 armadoras líderes de autos del mundo cuentan con plantas de ensamblaje en México. Además, existen más de mil empresas de autopartes establecidas en el país, la gran mayoría de ellas de origen extranjero.

La automatización en el manejo de materiales en el ramo automotriz representa grandes ventajas en los procesos de manufactura actuales como son.

- Aumentar la eficiencia en el flujo del material, asegurando la disponibilidad de materiales cuando y donde se necesiten.
- Reducir el costo del manejo del material.
- Mejorar la utilización de las instalaciones.
- Mejorar las condiciones de seguridad y de trabajo.
- Facilitar el proceso de manufactura.
- Incrementar la productividad.

Es por eso la importancia de la aplicación de la ingeniería en la automatización de procesos industriales y no solo de la ingeniería si no de un equipo multidisciplinario que pueda diseñar sistemas funcionales para mejorar la eficiencia en los procesos.

El diseño mecánico requiere de distintas fases de investigación, análisis, modelado, ajustes y adaptaciones previas a la producción definitiva del mecanismo, además de estar regidos por normas y códigos con la finalidad de facilitar el diseño y obtener seguridad para los usuarios finales.

Es por eso que es de suma importancia para un diseño óptimo conocer las condiciones locales a las que será sometido, como lo son su geometría, sus dimensiones, su localización, su operación etc. y a partir de esos criterios tomar las decisiones pertinentes para un diseño óptimo tanto en funcionalidad como en seguridad.

# CAPÍTULO 1

## FATA AUTOMATION DE MEXICO

### 1.1 Misión

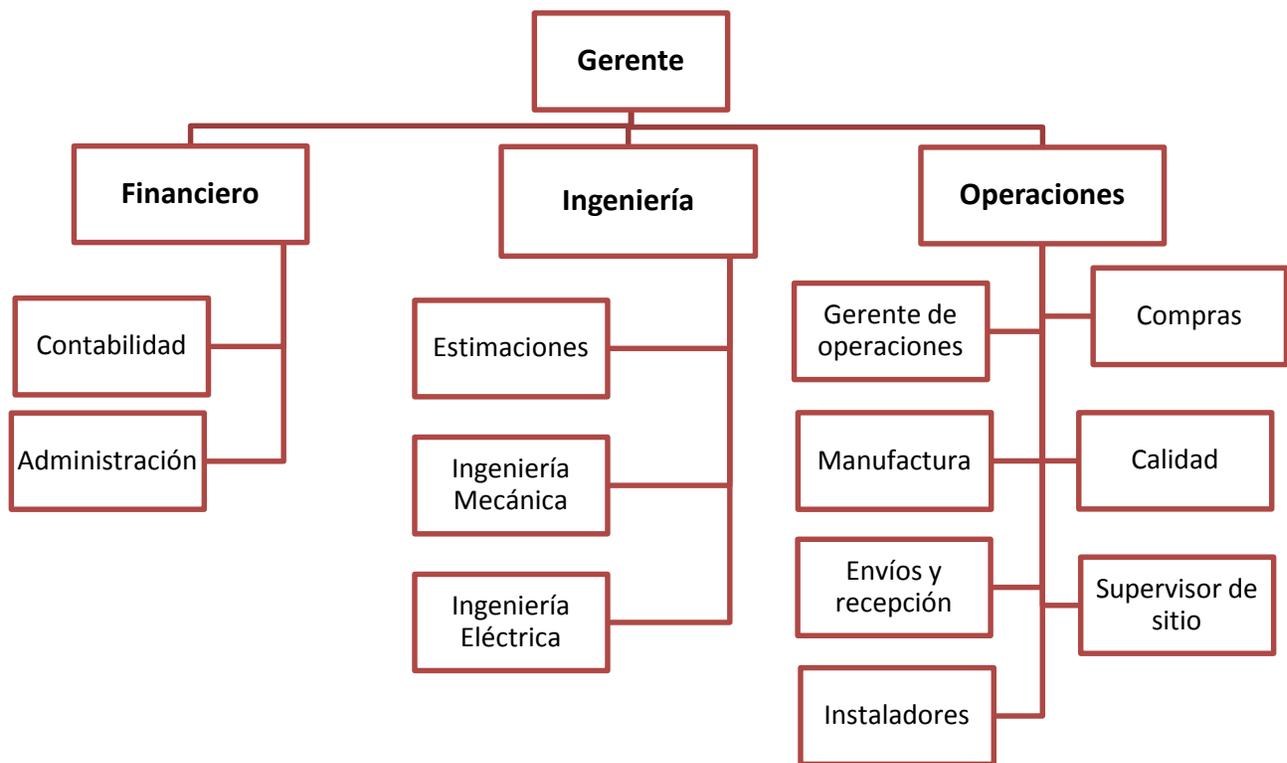
Nuestra meta global es proporcionar soluciones de calidad llave en mano que satisfagan las necesidades de los clientes a un costo eficiente y empleando los más modernos sistemas de manejo de materiales.

### 1.2 Visión

Establecernos como una de las mejores empresas; dedicada al transporte de materiales a nivel mundial, ofreciendo asesoría y manufactura de equipos para el transporte de material de primera calidad.

### 1.3 Organigrama

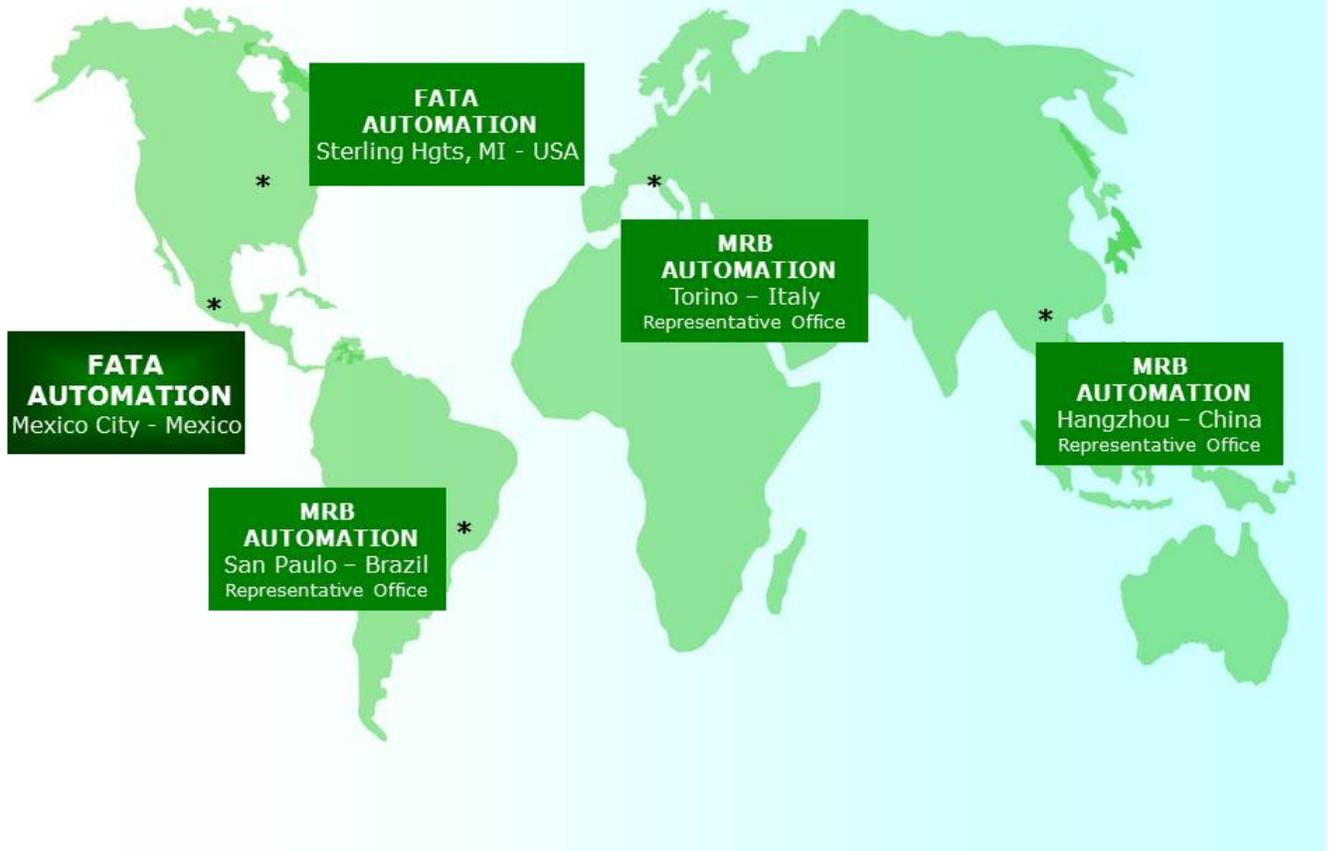
#### FATA Automation, México



## Organización a Nivel Mundial.



## WORLDWIDE ORGANIZATION



## CAPÍTULO 2

### DESCRIPCION DEL PUESTO DE TRABAJO

#### 2.1 Requisitos

- Ingeniero Mecánico titulado o pasante con o sin experiencia.
- Conocimientos básicos de neumática, electricidad y control.
- Manejo de Software de diseño asistido por computadora (CAD).
- Manejo de dimensiones y tolerancias geométricas
- Disponibilidad para viajar.
- Inglés avanzado (70-80%)

## **2.2 Objetivo**

Establecer los requerimientos mínimos, bases y lineamientos de ingeniería para el desarrollo de sistemas auxiliares en el manejo de material en la industria automotriz.

## **2.3 Funciones**

Dar apoyo en el desarrollo de memorias de cálculo, análisis, simulaciones por medio de software (CAD) tomando como base las especificaciones del cliente o del sistema requerido para la correcta selección de materiales, y el diseño más apropiado con el fin de desarrollar un sistema que cumpla con las especificaciones además de apoyar en la elaboración de dibujos mecánicos tanto de arreglo general como de detalle.

Otras labores del puesto es la supervisión de la instalación del sistema desarrollado así como la supervisión de la fabricación con el fin de reducir problemas y contratiempos en cada proyecto.

## **CAPÍTULO 3**

### **DESCRIPCIÓN DE MI PARTICIPACIÓN EN LA EMPRESA**

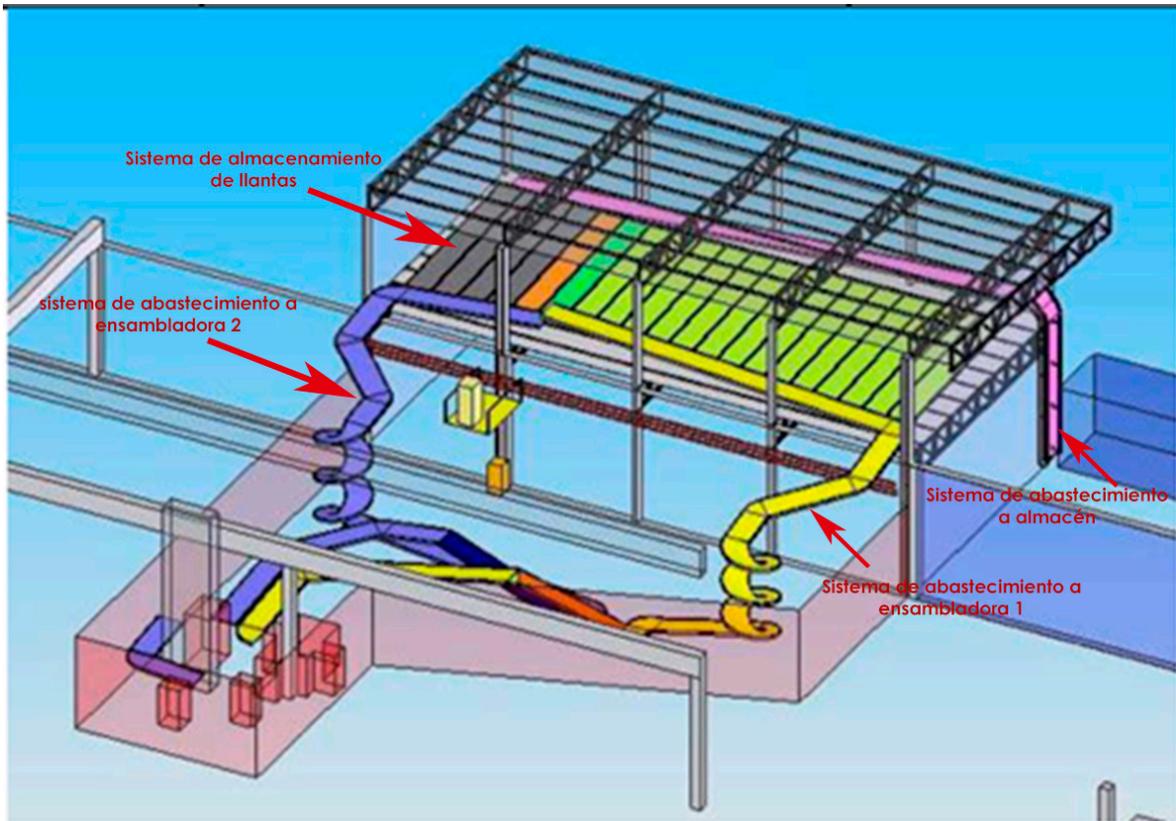
#### **3.1 Antecedentes del proyecto**

Nissan Motor Company, es un fabricante japonés de automóviles. Su nombre común, Nissan, es un acrónimo de "Nippon Sangyo" (en japonés significa "industria japonesa"). Está entre las principales compañías automotrices en términos de producción anual de vehículos.

De acuerdo a los requerimientos de un aumento de producción de Nissan Mexicana, S.A. de C.V., Planta Civac (NMEX) es necesaria la construcción e instalación de un sistema de abastecimiento de llantas en Planta Ensamblados No.2

##### **3.1.1 Tipo de proceso**

La idea general del sistema de abastecimiento de llantas que es requerido por el cliente se presenta en la siguiente imagen (**Fig 3.1**).



**Fig 3.1 Concepto General**

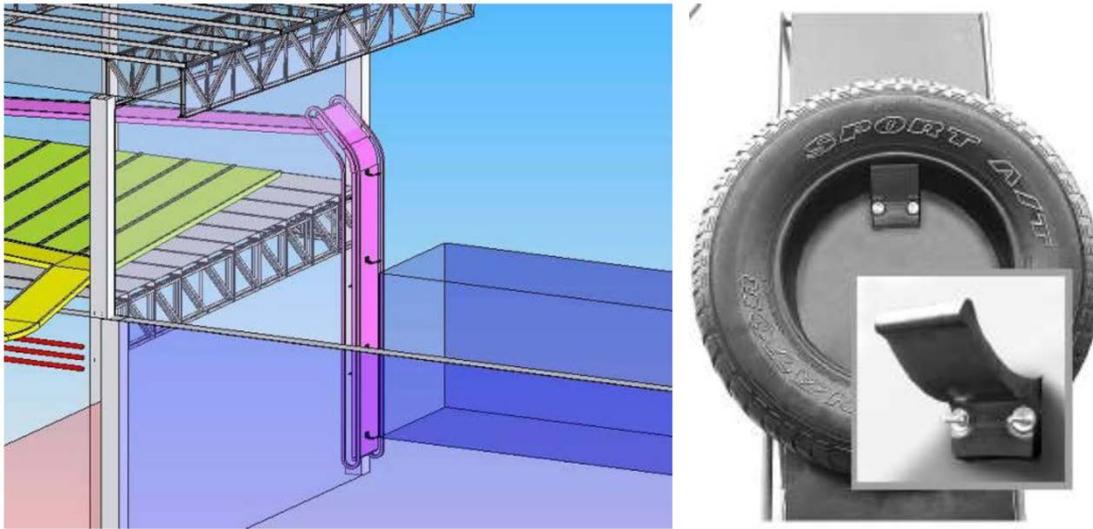
Consta, principalmente, de un sistema de abastecimiento a almacén, sistema de almacenamiento de llantas basado en carriles de almacenamiento y transportadores de gravedad, sistema de abastecimiento a ensambladora 1 y sistema de abastecimiento a ensambladora 2.

#### **Sistema de abastecimiento a almacén**

El sistema de abastecimiento a almacén consta de dos componentes principales; banda elevador vertical y transportador de gravedad.

#### **Banda elevador vertical**

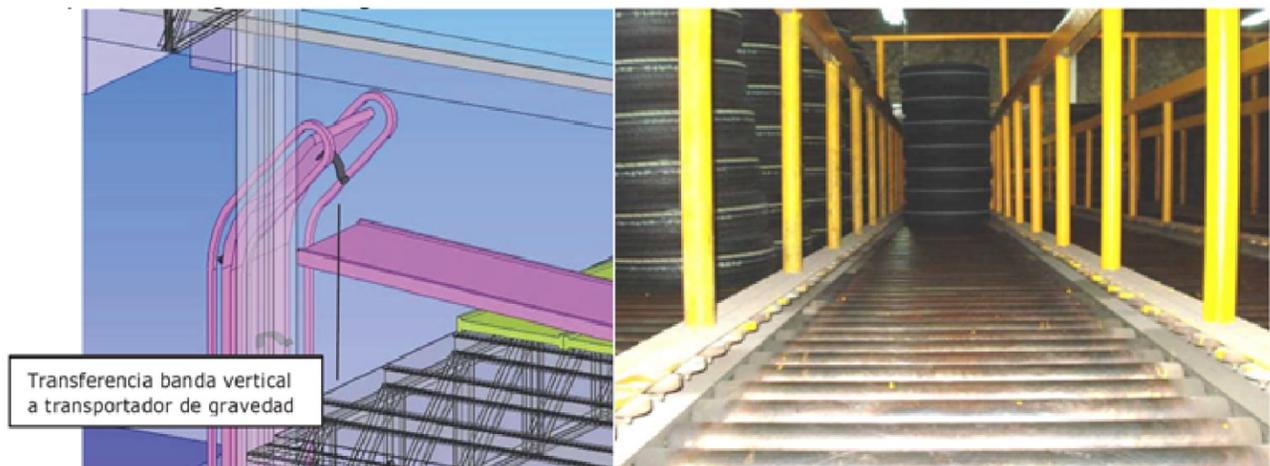
Se debe de considerar un dispositivo basado en una banda transportadora vertical con ganchos para el levantamiento de las llantas al segundo nivel del mezanine **(Fig 3.2)**.



**Fig. 3.2 Concepto Banda Elevador Vertical**

### Transportador de gravedad

En el extremo superior de la banda se encuentra transportador de gravedad el cual está formado por una serie de rodillos sujetos a una mesa inclinada la cual permite el transporte de las llantas (**Fig. 3.3**).



**Fig. 3.3 Concepto transportador de gravedad**

### Sistema de almacenamiento

Este consta de 20 transportadores de gravedad o mesas de rodillos los cuales distribuirán las llantas al sistema de abastecimiento (**Fig. 3.4**).

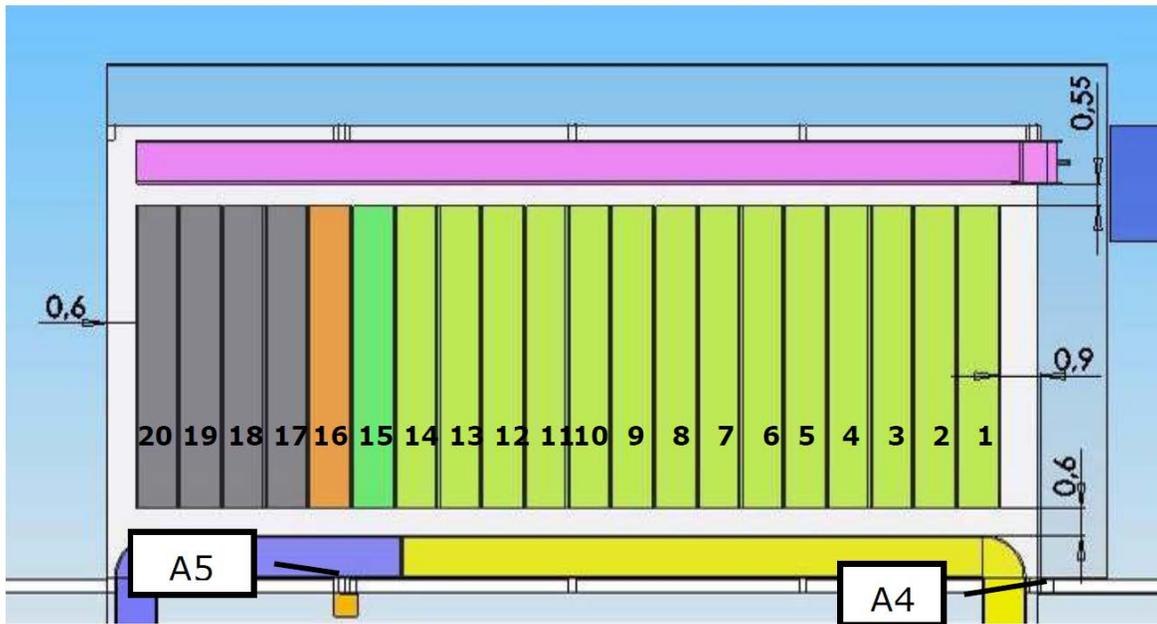


Fig. 3.4 Concepto transportador en espiral.

### Sistema de abastecimiento

El sistema de abastecimiento consta de 2 transportadores en espiral con rodillos cónicos que distribuirán las llantas a las líneas de ensamble 1 y 2 (Fig. 3.5).

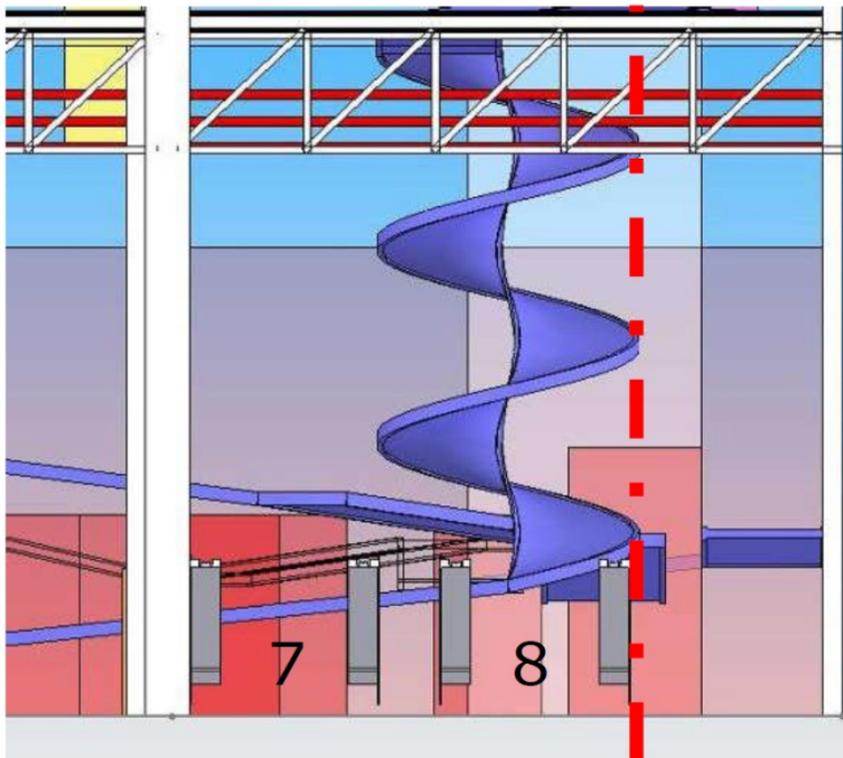
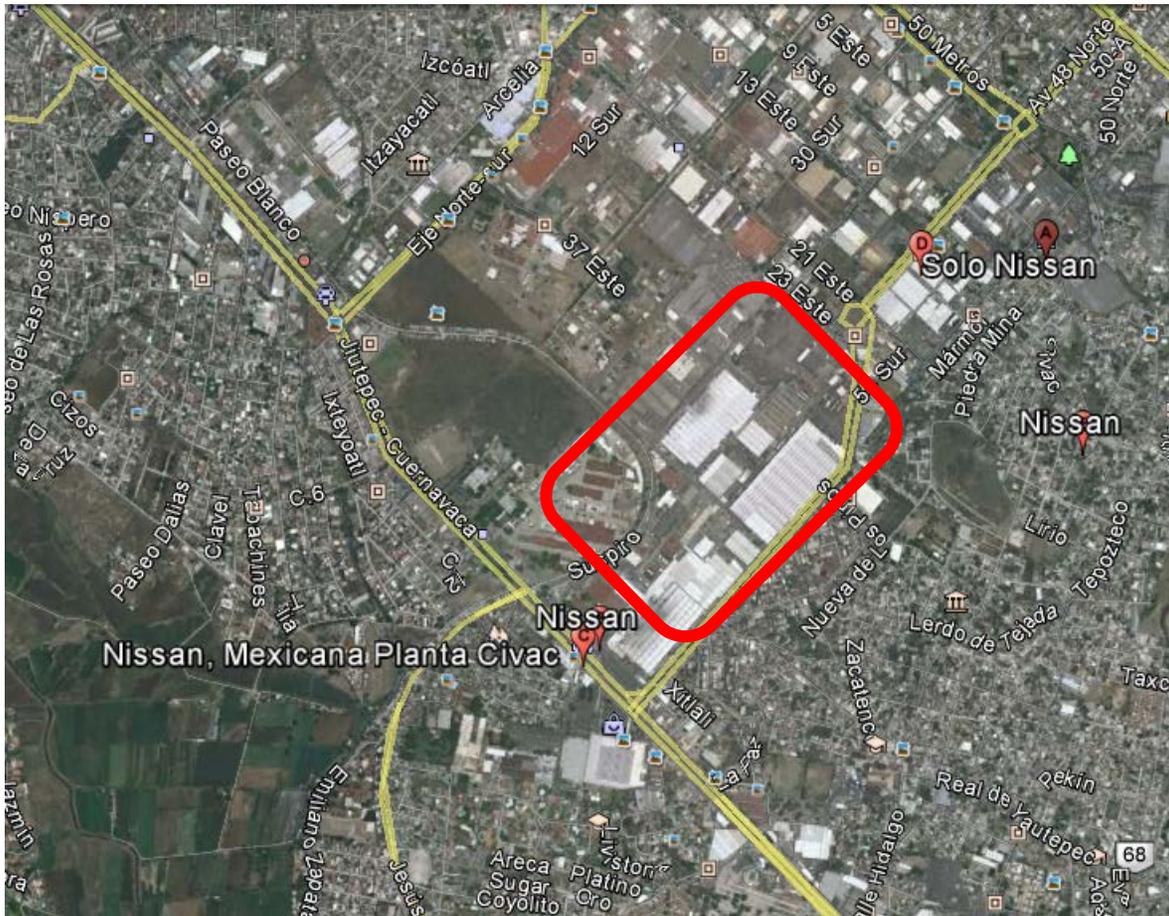


Fig. 3.5 Concepto transportador en espiral.

### 3.1.2 Localización de la planta

Nissan Mexicana, S.A. de C.V., Planta Civac (acrónimo de "Ciudad Industrial del Valle de Cuernavaca") está situado en Paseo Cuauanahuac Km. 4.5 Colonia Jiutepec, en el municipio de Jiutepec en el estado de Morelos, a 10 minutos al sur de lo que se conoce como el Valle de Cuernavaca (**Fig. 3.6**).



**Fig. 3.6 Vista satelital de la planta NISSAN Civac.**

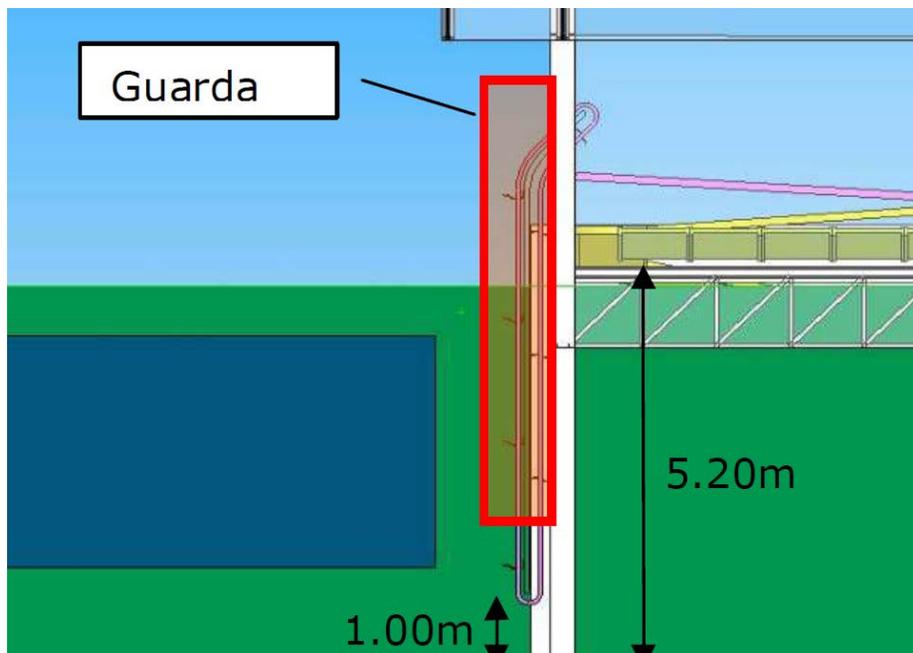
### 3.2 Descripción del problema a solucionar.

Establecer los requerimientos mínimos, bases y lineamientos de ingeniería para el suministro de los equipos mecánicos del Proyecto denominado "Sistema de almacenamiento de llantas".

El proyecto está dividido en 3 secciones diferentes que son:

- Sistema de abastecimiento a almacén.
- Sistema de almacenamiento.
- Sistema de abastecimiento a ensambladora.

En este documento nos centraremos en la primera sección que es el sistema de abastecimiento al almacén el cual tiene como función principal recibir las llantas que llegan y transportarlas a un mezanine que se encuentra aproximadamente 5.20 metros sobre el nivel de piso terminado (**Fig. 3.7**).



**Fig. 3.7** Altura de mezanine.

El sistema de abastecimiento a almacén está formado por 4 elementos principales que son.

- Motriz
- Banda transportadora
- Ganchos de sujeción
- Guarda

A continuación se describirán brevemente cada uno de los elementos anteriores

### **Motriz**

La motriz es el sistema mecánico encargado de dar movimiento a la banda transportadora, éste está conformado por un motor eléctrico conectado a una catarina encargada de mover la cadena de la banda transportadora.

### **Banda transportadora.**

La banda transportadora es el elemento que se encarga de transportar el material del nivel del suelo al mezanine, está conformado por dos cadenas en los extremos. Cada cadena cuenta con aditamentos especiales en sus eslabones en los cuales se encuentran

sujetas barras de acero que cuentan a su vez con elementos de sujeción especialmente diseñados para llevar el material y soltarlo en el momento indicado.

### **Ganchos de sujeción.**

Los ganchos de sujeción son elementos diseñados para transportar las llantas desde el nivel del suelo hasta el mezanine sin soltarlos en el camino pero capaces de liberar la llanta en las mesas de rodillos que se encuentran en el mezanine.

### **Guarda.**

La guarda es un elemento de seguridad que cubre todo el sistema su función principal es proteger al usuario de cualquier incidente ocasionado por un mal funcionamiento del sistema de abastecimiento a almacén.

## **3.3 Aportaciones para la solución del problema**

### **3.3.1 Criterios de diseño y fabricación**

#### **3.3.1.1 Requerimientos Generales Del sistema de abastecimiento a almacén.**

Estableciéndose que este equipo debe tener todos los aditamentos necesarios para su buen funcionamiento en la operación durante su vida útil estimada de 20 años como mínimo. Se indican a continuación los aditamentos requeridos:

- Motriz
- Banda transportadora
- Ganchos de sujeción
- Guarda
- Tablero de control

#### **3.3.1.1.1 Recepción de especificaciones del cliente**

NISSAN mexicana lanza una convocatoria a sus proveedores para asistir a una reunión dentro de la planta, donde se hará entrega de las especificaciones requeridas para el proyecto de “Sistema de almacenamiento de llantas”, además de efectuarse un recorrido al lugar donde se llevará a cabo el proyecto y se abordarían los puntos más importantes del mismo.

Cada proveedor invitado a la licitación es responsable de realizar las preguntas que crea pertinentes y que le ayuden a realizar una cotización más acertada.

Después de la visita al lugar y de recibir la explicación por parte de los ingenieros de NMEX se hace entrega a cada proveedor de un archivo donde vienen una explicación más

detallada del alcance del proyecto y los requerimientos a cumplir por parte de los proveedores.

A continuación se describirá las especificaciones generales del proyecto.

Deberá considerarse el suministro de materiales, mano de obra, preparación, fabricación, traslado, instalación, pruebas y ajustes, puesta en marcha, monitoreo por dos semanas sin falla alguna hasta liberación de equipos por parte de NMEX .

Todas las dimensiones y medidas presentadas para la cotización son referenciales, el proveedor debe hacer el levantamiento y confirmación de dimensiones en planta.

Es responsabilidad del proveedor, previo a la fabricación, hacer un levantamiento dimensional del área así como someter a revisión de ingeniería por el personal de NMEX responsable en planta, sólo después de esta liberación se podrán iniciar las actividades de fabricación.

### **Condiciones previas en la zona del proyecto.**

Condición de Operación: 17 horas/día, 2 turnos, 245 días/año

Energía disponible: Neumática 6.0 kg/cm<sup>2</sup> ± 15%

Eléctrica 440 V 3 Fases 60 Hz ± 15%

Agua 4.0 kg/cm<sup>2</sup> ± 15%

El contratista deberá considerar los preparativos y elementos necesarios para la conexión de sus equipos durante la instalación en planta. Para el caso de energía eléctrica deberá considerarse un tablero de distribución de acuerdo a las políticas de NMEX.

### **Especificaciones de sistema de abastecimiento a almacén.**

El sistema de abastecimiento a almacén consta de dos componentes principales; banda elevador vertical y transportador de gravedad.

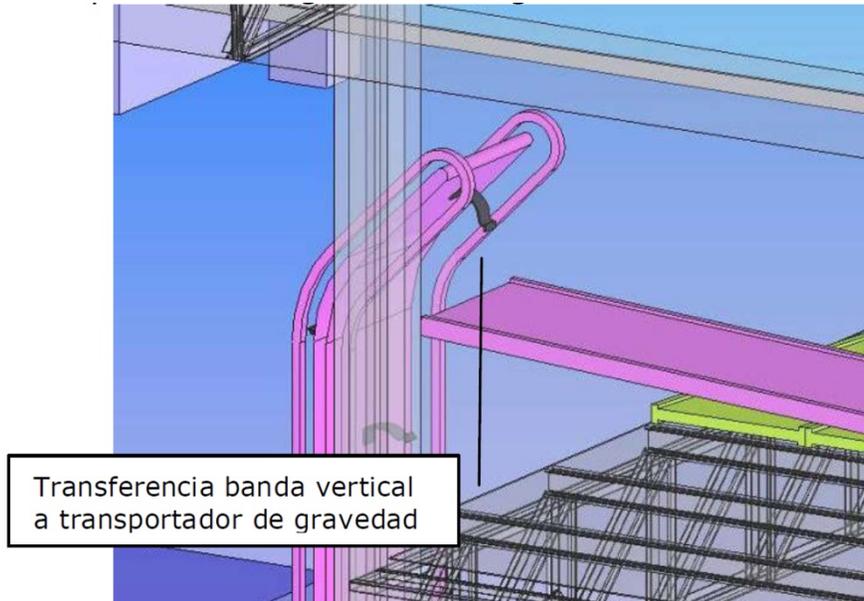
#### **Banda elevador vertical**

Se debe de considerar un dispositivo basado en una banda transportadora vertical con ganchos para el levantamiento de las llantas al segundo nivel del mezanine.

El número de ganchos y separación entre ellos deben ser tales que se obtenga una capacidad máxima de transporte de llantas por ciclo de la banda y así como el flujo libre y sin atoramientos a lo largo del transportador vertical. Es necesario que el proveedor

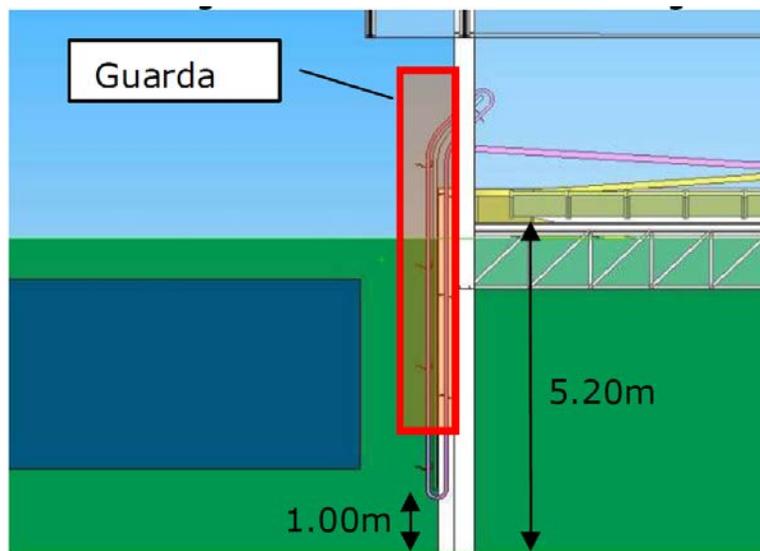
considere las dimensiones de las llantas que actualmente NMEX utiliza en su proceso de producción.

En el extremo superior de la banda elevador vertical, el contratista debe garantizar en su diseño la correcta transferencia de las llantas entre la banda elevador vertical y el transportador de gravedad. **Fig. 3.8**



**Fig. 3.8 Transferencia a Transportador de Gravedad**

La distancia entre la banda vertical y el piso de la planta debe ser de aproximadamente 1.00m y respecto a la pared del mezanine debe de colocarse lo más cerca posible a las columnas de carga (**Fig. 3.9**).



**Fig. 3.9 Alturas de la banda y posición de la guarda.**

Ya que parte de la banda vertical se encuentra en el exterior de la planta, el proveedor debe considerar la colocación de una guarda en lámina acanalada pintora R101 para la protección de la banda vertical, esta guarda deberá cubrir por completo la banda elevador mientras no esté operativa y deberá abrirse al momento de realizar cargas al sistema de abasto. **Fig. 3.9**

La banda elevador vertical tendrá una velocidad de operación de aproximadamente 0.30m/s.

### **Operación**

Para la operación del sistema de abastecimiento a almacén, el contratista debe considerar los siguientes puntos:

- La banda elevador vertical debe de contar con una botonera en el extremo de carga a elevador, esta botonera debe contar con el botón de encendido, apagado y paro de emergencia de la banda elevador.
- En el mezanine, es necesario considerar un paro de emergencia de la banda elevador en caso de atoramientos con los ganchos.
- La banda elevador vertical debe detenerse mientras que el transportador de gravedad se encuentre lleno
- En caso de paro, en el extremo inferior de la banda vertical deberá encenderse un indicador que señale cuál paro fue activado. Para reiniciar el sistema se desbloqueará el botón de paro de emergencia y se tendrá que oprimir el botón de encendido.

### **Consideraciones generales para fabricación**

- La totalidad de la tornillería y tuercas deberán ser torqueadas y aplicarse marca de confirmación de torque.
- La tornillería y tuercas deberán tener tuercas seguro, doble tuerca o arandela de presión a fin de evitar pérdidas de apriete.
- El espesor de las secciones a machuelear deberán considerarse de al menos el espesor de una tuerca alta resistencia en su respectiva medida.
- Deberá estar basada en las especificaciones para adquisición de nuevos equipos de NMEX para el caso de diseño, fabricación, instalación y puesta en marcha.
- Incluir la aplicación de primario Comex y dos manos de esmalte Comex 100 para la totalidad del equipo nuevo y/o modificado a suministrar. Los colores se definirán posteriormente.

- Considerar tubería conduit pared gruesa roscado diámetro 19mm (mínimo) o superior dependiendo de calibre y cantidad del cableado para la totalidad del cableado a suministrar.
- Considerar para la totalidad de tuberías neumáticas y/o eléctricas soportes a base de un canal o similar.
- Claros máximos entre soportes 2500mm.
- Considerar cédula 40 (mínimo) para la totalidad de la tubería a utilizar para acometidas neumáticas.
- Los equipos que vayan fijos al piso deberán contar con al menos 4 taquetes de expansión, nivelados y los taquetes no deberán sobresalir más de 25mm contra el nivel de piso o nivel superior de la parte a fijar
- Para la totalidad de los equipos deberá considerarse la identificación de las válvulas neumáticas.
- Para el diseño y fabricación deberán considerarse las normativas de seguridad de NMEX.

#### **Consideraciones para instalación**

- Como principio básico considerar la instalación durante días no hábiles
- El proveedor trabajará los sábados y/o domingos. Entre semana se podrán adelantar trabajos, previo ajuste con personal de NMEX
- Para trabajos entre semana considerar un tapial para delimitar la zona en la que se va a trabajar
- Material que interfiera en el área de instalación deberá ser movido y regresado a su posición original al finalizar la instalación por la contratista.
- Por ningún motivo se podrá utilizar equipo o material de la Planta para la instalación (montacargas, tornillería, herramienta, etc.)

#### **Consideraciones de Seguridad.**

- Antes de realizar trabajos de instalación o cualquier otra actividad relacionada con este proyecto en Planta, el personal de la contratista deberá presentarse a capacitación en políticas internas de NMEX, tales como Seguridad, Ambiental, etc. NMEX definirá los reglamentos o políticas que apliquen para cada caso
- En la instalación el uso de fuego será regulado por normativa de NMEX
- Para el caso de que sea imposible retirar unidades o motores del área donde se usará fuego, el contratista deberá considerar la instalación temporal de lonas anti flama para cubrirlos y evitar daños.
- Como principio se deberá evitar el uso de fuego en el interior de instalaciones de NMEX

- La totalidad del personal del contratista deberá usar casco con barbiquejo, botas con casquillo anteojos de seguridad y tapones auditivos como equipo mínimo de protección personal durante la totalidad de su estancia en instalaciones de NMEX. Para casos especiales NMEX indicará el equipo de protección a usar.
- La totalidad del personal de la contratista deberá usar uniforme, al menos camisola manga larga 100% algodón con razón social de la compañía al frente y parte trasera.
- Para trabajos de altura superiores a 2 metros el personal de la contratista deberá usar arnés de cuerpo completo de acuerdo con normativas de NMEX y se deberá preparar una línea de vida para casos en los que sea necesario.
- Los trabajadores de la contratista deberán realizarse el chequeo médico de acuerdo a la normativa de NMEX (especialmente para trabajos a alturas de 2 m o superiores).
- Si se llega a infringir alguna de las reglas de seguridad de NMEX, se verá en la necesidad de retirar al personal de la contratista. Todo atraso ocasionado por esto será responsabilidad de la contratista y se deberán considerar las acciones necesarias para recuperar el atraso por parte de la misma contratista.
- La liberación de trabajos en altura, en caliente y/o aplicación de sustancias inflamables será realizada por personal de NMEX el mismo día de las actividades, previo a empezar la actividad. La contratista deberá considerar estar presente durante estas liberaciones previas para corregir cualquier anomalía o preparación necesaria para la ejecución de la actividad.

### **Condiciones de cierre y entrega de equipos**

- Corregir al 100 % los ítems detectados en la revisión, o un acuerdo (programa) autorizado por las áreas
- Entregar actualizaciones de dibujos en áreas donde se haya hecho modificación
- Después de la modificación la operatividad de los equipos no debe de presentar diferencias con respecto a la condición actual
- Asistencia al arranque de Planta ya reubicados los equipos
- Entrega completa de la documentación (3 manuales impresos y en disco), incluye:
  - Especificación del trabajo a último nivel
  - Dibujos detallados del trabajo a último nivel
  - Manual de instrucción
  - Listado de inspección por grado
  - Listado de partes mecánicas
  - Listado de partes eléctricas
  - Listado de refacciones, con los contactos de proveedores nacionales
  - Listado de fallas y soluciones propuestas

- Manual de mantenimiento (mantenimiento preventivo, mantenimiento periódico, etc.)
- Diagrama de alimentación primaria (Eléctrico, neumático, hidráulico, agua, lubricación, etc.)
- Carta de tiempos (secuencia)
- Programa de control en disco (respaldo)

### **Notas generales**

- Las áreas involucradas que NMEX defina darán el visto bueno al equipo una vez concluido el proyecto y probado para su liberación en planta
- Será responsabilidad del proveedor el hacer el levantamiento físico de la zona , para lo cual NMEX proporcionará todas las facilidades que se requieran.
- De ser necesaria un área especial para almacenamiento de material o herramienta, podrán solicitarlo con anterioridad, tomando en cuenta que NMEX no se responsabiliza por la pérdida de los mismos.
- Las áreas de trabajo y de almacenamiento deberán de mantenerse limpias y seguras (5's).
- En las obras de instalación y pruebas siempre deberá de existir un supervisor por parte de la contratista el cual estará en contacto con el supervisor de NMEX para cualquier necesidad que surja.

### 3.3.1.1.2 Diseño.

Los transportadores son utilizados como componentes en la distribución automatizada y almacenamiento. Es considerado además como un sistema que minimiza el trabajo que permite que grandes volúmenes sean movidos rápidamente a través de procesos, permitiendo a las empresas embarcar o recibir volúmenes más altos con espacios de almacenamiento menores con un menor gasto.

Principales beneficios de los transportadores:

- Los transportadores son capaces de transportar de manera segura los materiales de un nivel a otro.
- Se pueden instalar en cualquier lugar de manera segura.
- Además, tienen características de seguridad que ayudan a prevenir accidentes.

Como se mencionó con anterioridad en este documento nos centraremos en el diseño de la primera sección del proyecto que es el sistema de abastecimiento al almacén y más concretamente en los ganchos de sujeción los cuales tienen como función principal recibir las llantas que llegan y transportarlas a un mezanine y soltarlas sobre una mesa de rodillos que se encuentra al final del transportador.

El sistema de abastecimiento a almacén está formado por 4 secciones principales que se enlistan a continuación.

- Motriz
- Banda transportadora
- Ganchos de sujeción
- Guarda.

La motriz se encuentra en el mezanine y es la encargada de dar movimiento a la banda transportadora de la cual se sostienen los ganchos de sujeción, los ganchos de sujeción juegan un papel muy importante en el sistema de abastecimiento ya que son los encargados de trasladar el material sin soltarlo en el camino y liberarlo en la mesa de rodillos que trasladará la llanta para ser almacenada.

Un operador es el encargado de descargar el camión y colocar las llantas en los ganchos, los ganchos deben de ser capaces de transportar todos los modelos de llantas y soltarlos en la mesa de rodillos sin ayuda ya que de lo contrario se produciría un paro en el equipo y por lo tanto un atraso en la producción, he ahí la importancia del buen diseño de los ganchos.

En la siguiente figura se muestra un arreglo general del sistema de abastecimiento a almacén (Fig. 3.10).

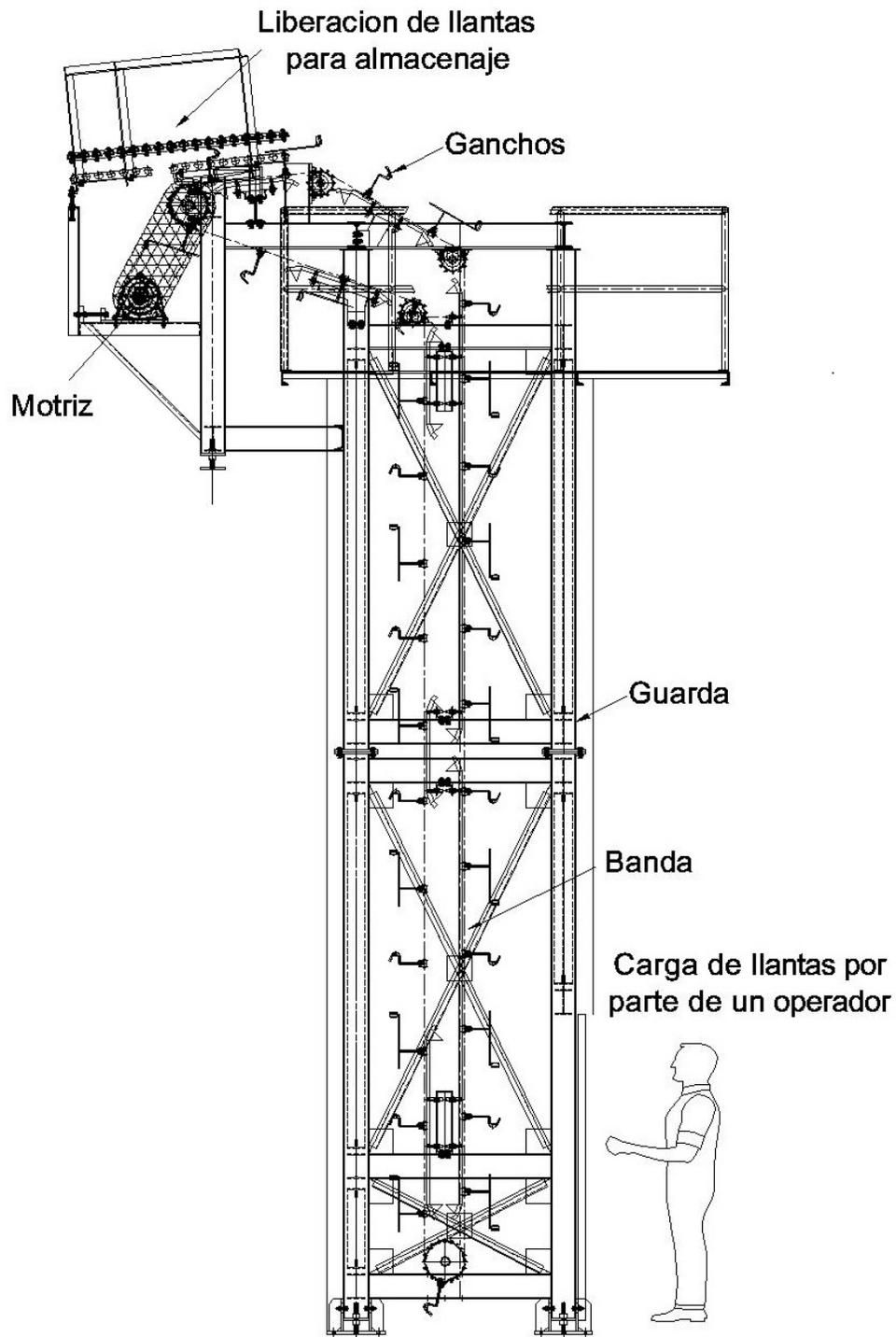


Fig. 3.10 Arreglo general de sistema de abastecimiento a almacén.

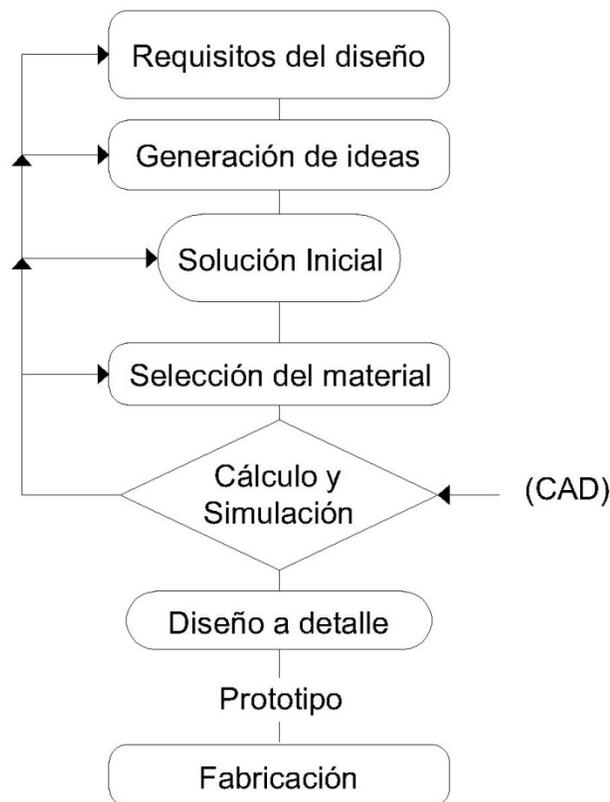
Mi participación en este proyecto se centra en el diseño y análisis del gancho de sujeción. Para esto se hizo uso del diseño asistido por computadora (CAD) por sus siglas en inglés (Computer Aided Design).

El diseño y fabricación asistida por computadora se ha convertido en una disciplina indispensable para la industria actual que se enfrenta a la necesidad de mejorar la calidad, disminuir los costos y acortar los tiempos de diseño y producción. La única alternativa para conseguir optimizar el proceso es utilizar herramientas actuales e integrar todos los procesos para reducir los costos de tiempo y dinero en el desarrollo de los productos y en su fabricación.

Por lo cual se hizo uso del programa CATIA (computer-aided three dimensional interactive application) que es uno de los programas comerciales más importantes que se usa para el Diseño (CAD), y la fabricación asistida por computadora (CAM) en el área aeroespacial y automotriz.

### 3.3.1.1.3 Evaluación de propuestas según especificaciones.

Para realizar el diseño me basé en la siguiente metodología ya que me ayudó a evaluar todas las iteraciones en el diseño desde distintos puntos.



**Fig. 3.11 Metodología de diseño.**

- **Requisitos del diseño.**

Como se mencionó con anterioridad en este documento nos centraremos solamente en el diseño y análisis del gancho de sujeción.

Los ganchos de sujeción son elementos diseñados para transportar las llantas desde el nivel del suelo hasta el mezanine sin soltarlos en el camino pero capaces de liberar la llanta en las mesas de rodillos que se encuentran en el mezanine, para esto el cliente nos proporcionó tablas de pesos y medidas del material a transportar que en este caso fueron llantas de diversos tamaños **Tabla 1**.

TIPO	NO.DE PARTE	LLANTA	Diámetro Máx. (mm)	Ancho Máx. (mm)	Masa. Máx. (kg)
1	40312VL020	195R15C8PRLH	694	200	13.0
2	40312VM01B	215R15C8PRLH	732	215	16.1
3	40312VL010	255/70R16111SL	721	264	15.8
4	40312VN20D	GEP225/70R15T	711	242	13.0
5	40312VN20A	195R15C8PR	697	203	14.0
6	40312VL120	205R16C8PR	743	212	16.0

**Tabla 1**

Los datos de la tabla anterior se tomaron como referencia para hacer la evaluación de todos los diseños por lo cual se tomaron los datos máximos y mínimos de dicha tabla para iniciar con el desarrollo del diseño **Tabla 2**.

TIPO	NO.DE PARTE	LLANTA	Diámetro Máx. (mm)	Ancho Máx. (mm)	Masa. Máx. (kg)
1	40312VL020	195R15C8PRLH	694	200	13.0
6	40312VL120	205R16C8PR	743	212	16.0

**Tabla 2**

Estos datos se usaron para iniciar con la generación de propuestas para el diseño del gancho de sujeción.

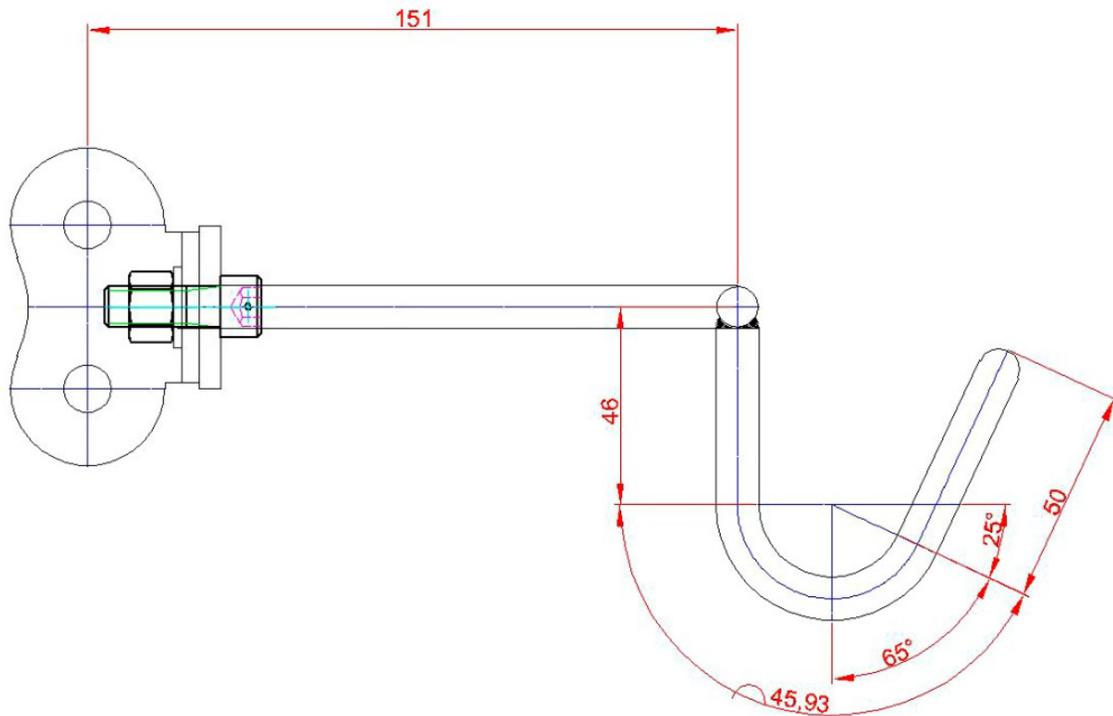
- **Generación de ideas.**

Una vez que se tuvieron claros los principales requisitos del diseño y se tenían las especificaciones sobre las cuales se tenía que trabajar se realizó una lluvia de ideas para generar diversas propuestas para ser evaluadas desde distintos ángulos como son, método de fabricación, materiales, costos y rendimiento mecánico.

Después de generar diversas propuestas se escogieron dos para ser evaluadas en los puntos antes mencionados, estas propuestas se desarrollaron tanto en dimensiones como en propuesta de materiales para ser comparadas una con otra en los diversos puntos.

- **Solución inicial.**

A continuación se muestran las 2 posibles soluciones que se desarrollaron en la generación de ideas y que se evaluaron para escoger la más adecuada a la solución del proyecto.

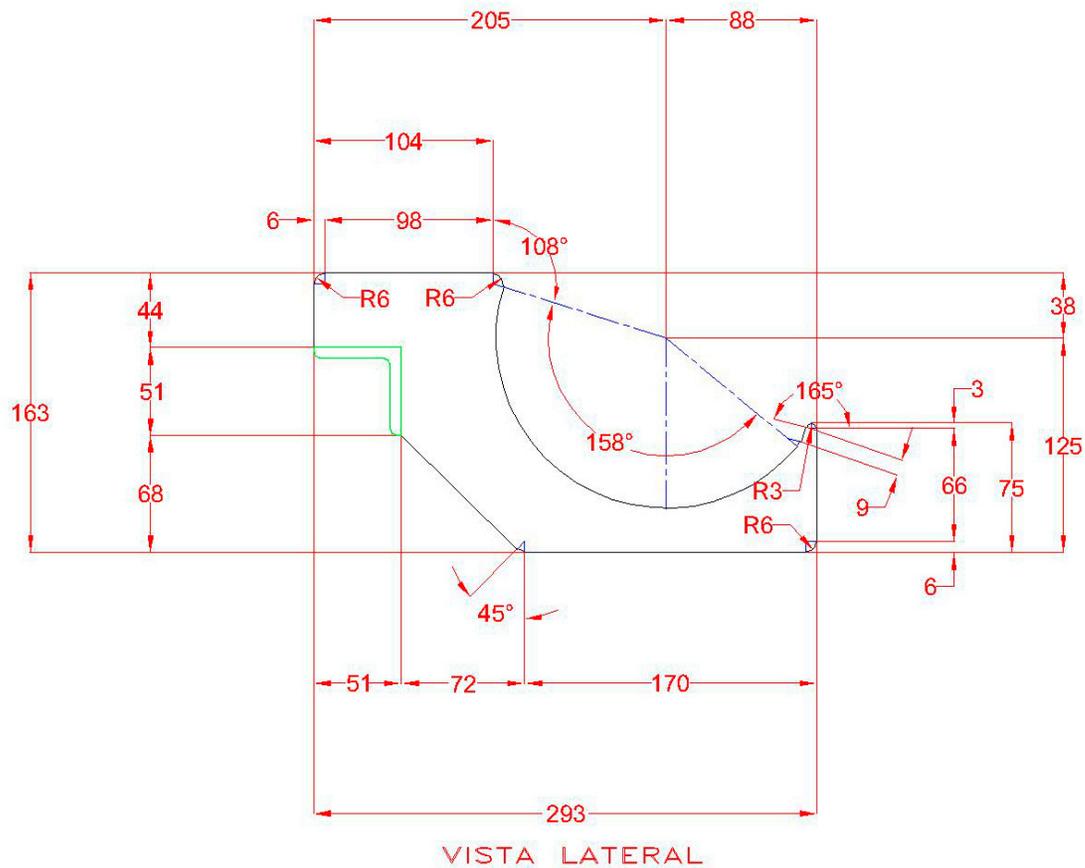


## VISTA LATERAL

**Fig. 3.12 Propuesta #1 de gancho de sujeción. (Cotas en mm)**

La propuesta #1 consiste en tramo de barra redonda de 3/8" de diámetro de acero al carbón comercial tipo SAE-1045 doblada de una manera que forme un gancho el cual sujetará la llanta en su trayecto vertical y podrá soltarla al momento en que llegue a un tramo horizontal y depositarla en las mesas de rodillos que llevarán el material al lugar de almacenaje.

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Fabricación sencilla	Baja resistencia mecánica contra impactos
Bajo costo de fabricación	
Diseño simple	



**Fig. 3.13 Propuesta #2 de gancho de sujeción. (Cotas en mm)**

La propuesta #2 consiste en un gancho fabricado con una placa de acero ASTM A-36 DE 3/8" de espesor, el concepto en el diseño se conserva ya que se busca que sea lo más simple posible la diferencia consiste en el material y método de fabricación ya que se tiene una mayor area transversal lo cual lo hace más resistente a los impactos, la desventaja radica en que su método de fabricación es más elevado que el de la primera propuesta.

Ventajas	Desventajas
Fabricación sencilla	Elevado costo de fabricación.
Diseño simple	
Alta resistencia mecánica contra impactos.	

Para el proceso de diseño se realizaron varias propuestas más pero al final de evaluarlas se eligieron solo dos las cuales ya se presentaron en el documento. Las piezas fueron sometidas a análisis de resistencia mecánica, una comparación de costos, y funcionalidad ya que son los factores más importantes para tomar la mejor decisión al final del proyecto.

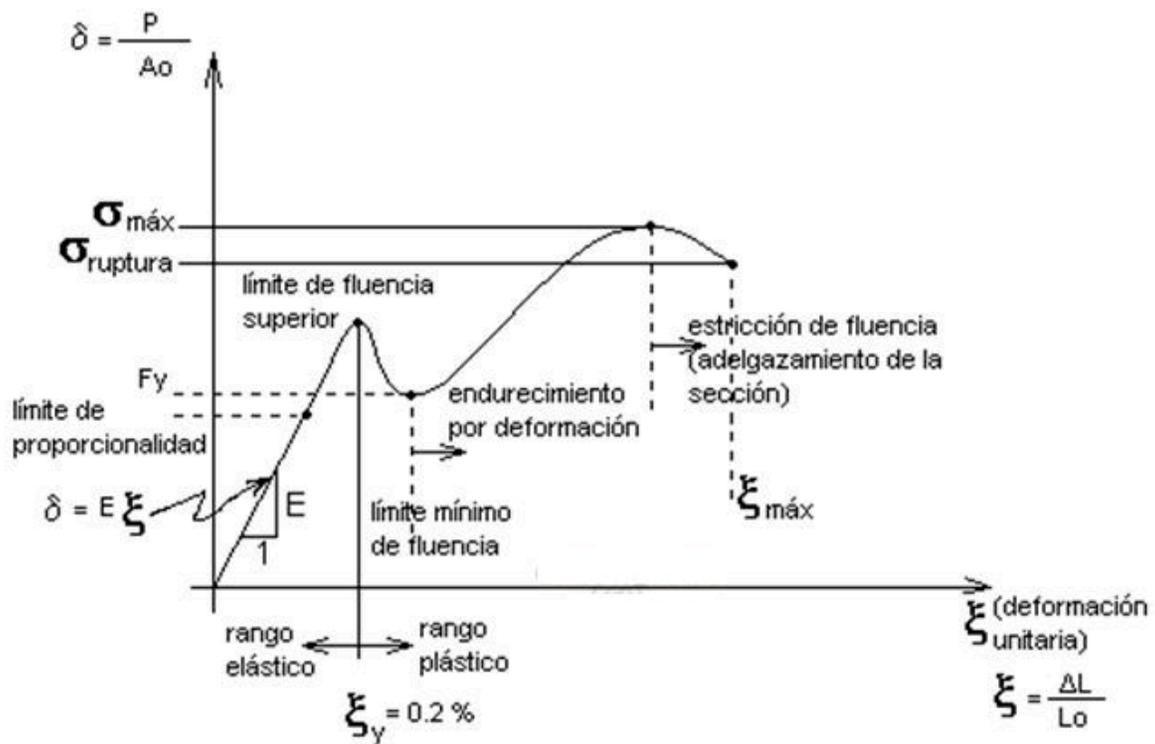
- **Selección de material.**

En los procesos de diseño, nos vemos obligados a elegir entre varios materiales para el desempeño de una determinada tarea. Para elegir un material consideramos varios aspectos que se enlistan a continuación:

- Sus **propiedades** (dureza, densidad, conductividad, etc.)
- Sus **cualidades estéticas** (color, textura, etc.) deben de ser adecuadas para la función que ha de desempeñar.
- Debemos disponer de los conocimientos técnicos y de las herramientas necesarias para su manipulación.
- El material debe de estar disponible y a un precio razonable.
- El impacto medioambiental durante la fabricación uso y desecho.

En este caso nos centraremos solamente en las propiedades mecánicas y económicas de las piezas a evaluar.

Para los aceros considerados en estas piezas se consideró un valor importante que es el esfuerzo de fluencia. **(Fig.3.14)**



**Fig. 3.14 Grafica esfuerzo deformación.**

El esfuerzo de fluencia es considerado un valor importante ya que marca el cambio de la zona elástica a la zona plástica es decir si se supera el valor del esfuerzo de fluencia la pieza tendría una deformación permanente lo cual provocaría que la pieza sea reemplazada y por lo tanto habría una merma económica y un riesgo para los operarios es por eso que este valor es tan importante para la evaluación de estas piezas.

Otra razón importante de la selección inicial del material fue el punto de vista económico ya que si se consideran aleaciones de acero especiales para el proyecto podría elevar bastante el costo de producción es por eso que se seleccionaron aleaciones de acero comerciales tanto en el perfil circular como en la placa de acero, esto permite reducir costos y mejorar tiempos de entrega.

- **Cálculo y simulación.**

Para realizar el cálculo y la simulación de las piezas se hizo uso del software CATIA en el cuál se realizó un análisis por el método de elemento finito (FEM).

El análisis de elemento finito consiste en simular una malla que se encontrará por toda la pieza que se analizará, esta malla contienen “nodos” en los cuales se encuentran los llamados elementos finitos estos contienen las propiedades estructurales del modelo. Una vez que se realiza el modelo y se tiene la malla con los nodos se simula una carga que generará esfuerzos dentro del modelo y por lo tanto los nodos reaccionarán a dicho esfuerzo. Los nodos que tengan una mayor reacción representarán un mayor esfuerzo y los que tengan una menor reacción representarán un mínimo o nulo esfuerzo y es así como se pueden evaluar las partes críticas del modelo analizado.

En este caso se tomó la fuerza máxima que ejercerán las llantas al ser transportadas por lo tanto se tomó como referencia la llanta de mayor masa la cual tiene una masa de 16 kg y la aceleración de la gravedad, en el diseño de los soportes para la llanta se consideran 2 ganchos por soporte esto es para seguridad del operario, por lo tanto se puede concluir que cada gancho carga la mitad del peso de la llanta.

$$F = m * a = 8kg * 9.8 \frac{m}{s^2} = 78.4 \frac{kg * m}{s^2} = 78.4 N$$

Si bien la fuerza que ejerce la llanta sobre el gancho no es muy grande hay otra fuerza que se consideró para el análisis la cual se describe a continuación.

Si bien el uso de programas de diseño como CATIA permiten tener un panorama más acertado de los posibles problemas que puedan surgir en cuanto al diseño se deben considerar casos extremos de falla como un choque o un atascamiento lo cual puede ser posible ya que los equipos están siendo usados por operarios lo cual da pie a que exista un error humano, por lo tanto se deben de tomar precauciones para que el equipo pueda ser detenido en caso de algún accidente, colisión o atascamiento.

Estos casos afectan directamente a los ganchos que se analizaron ya que son estos los que se encuentran en constante movimiento y también en ellos son colocadas las llantas por los operarios por lo tanto son propensos a sufrir algún percance.

Es por eso que en el sistema motriz se colocaron sistemas de seguridad que ayuden a proteger tanto al operador como al equipo en algún percance, estos dispositivos son los paros de emergencia que deben ser activados por un operador en caso de alguna eventualidad, los paros de emergencia cortan totalmente la corriente y por lo tanto el equipo deja de funcionar pero también se instalaron los limitadores de par de torsión que son dispositivos que al momento de superar el par de torsión al cual están calibrados desconectan automáticamente la transmisión de la motriz y también la corriente por lo tanto el equipo deja de funcionar automáticamente.

Estos limitadores de par de torsión son de suma importancia para nuestro análisis ya que son dispositivos de seguridad que protegen tanto al usuario como al equipo. Para el análisis de los ganchos se debe considerar que la torsión en el limitador no supere el límite de fluencia de nuestros ganchos ya que si lo hace y existe algún percance con los ganchos existe la posibilidad que estos queden deformados y tengan que ser reemplazados, es por eso la importancia del valor de la torsión que permitirá el limitador de torsión.

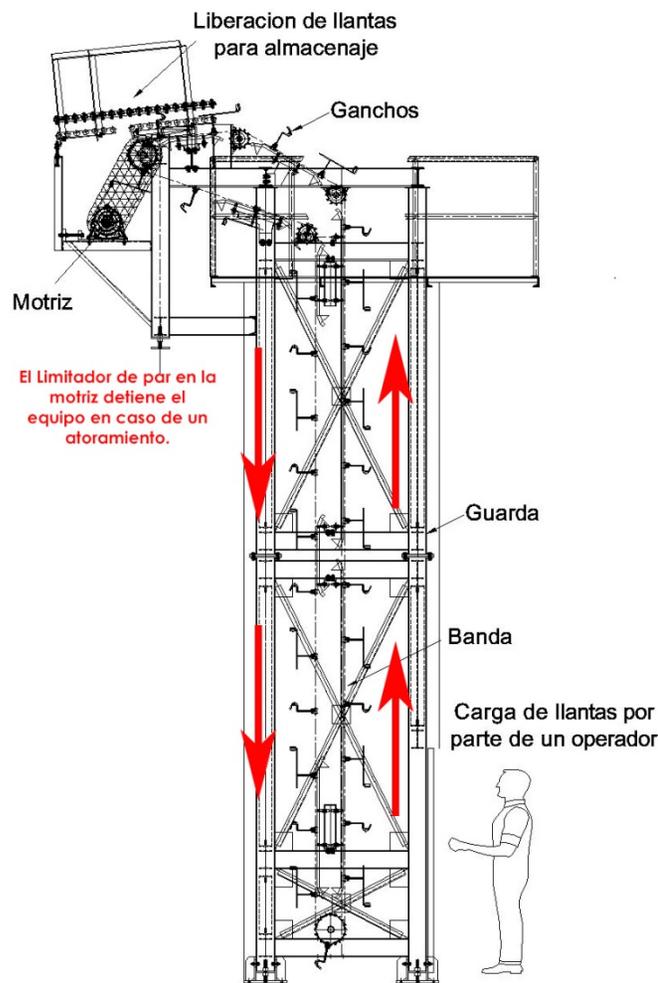
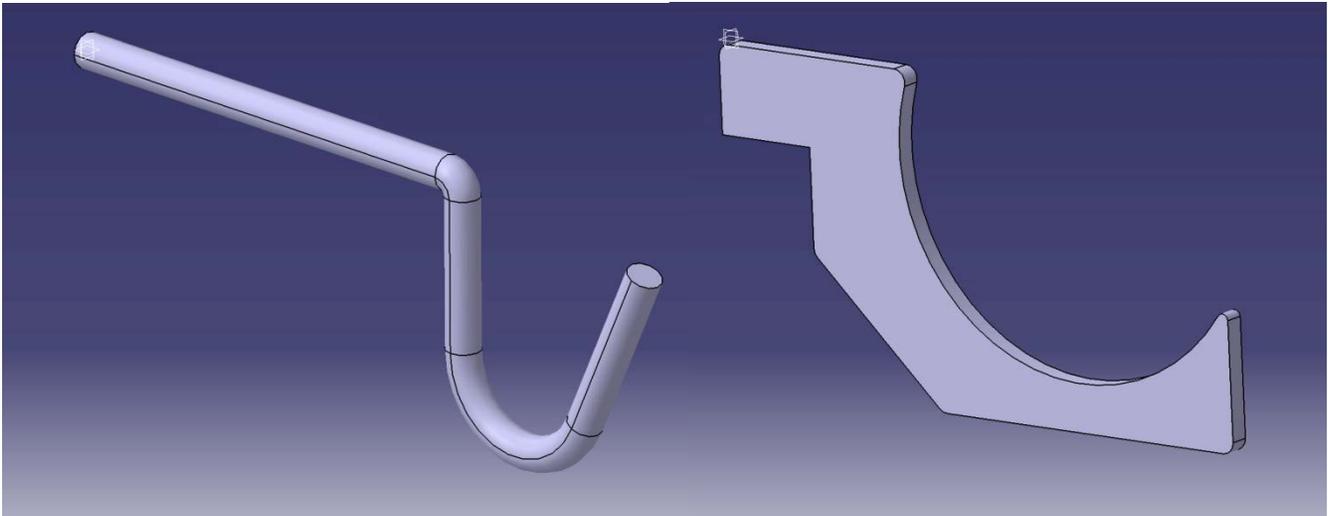


Fig. 3.15 Arreglo general del sistema de abastecimiento a almacén.

Para realizar la simulación y el cálculo en el programa CATIA se deben conocer las características de cada material a analizar las cuales se enlistan a continuación:

Propiedades	Acero SAE-1045	Acero ASTM A-36
Esfuerzo de fluencia	310 MPa	250 MPa
Esfuerzo máximo	565 Mpa	400 Mpa
Módulo de Young	200 Gpa	200 Gpa
Densidad	7.87 g/cm <sup>3</sup>	7.8 g/cm <sup>3</sup>

Una vez simuladas las piezas en el programa con las dimensiones y propiedades mecánicas de cada material se realizó un primer análisis con la carga de la llanta solamente con el fin de evaluar el comportamiento de cada pieza. Se obtuvieron resultados de esfuerzos generados en toda la pieza y su localización además de la deformación que sufre la pieza bajo la carga.

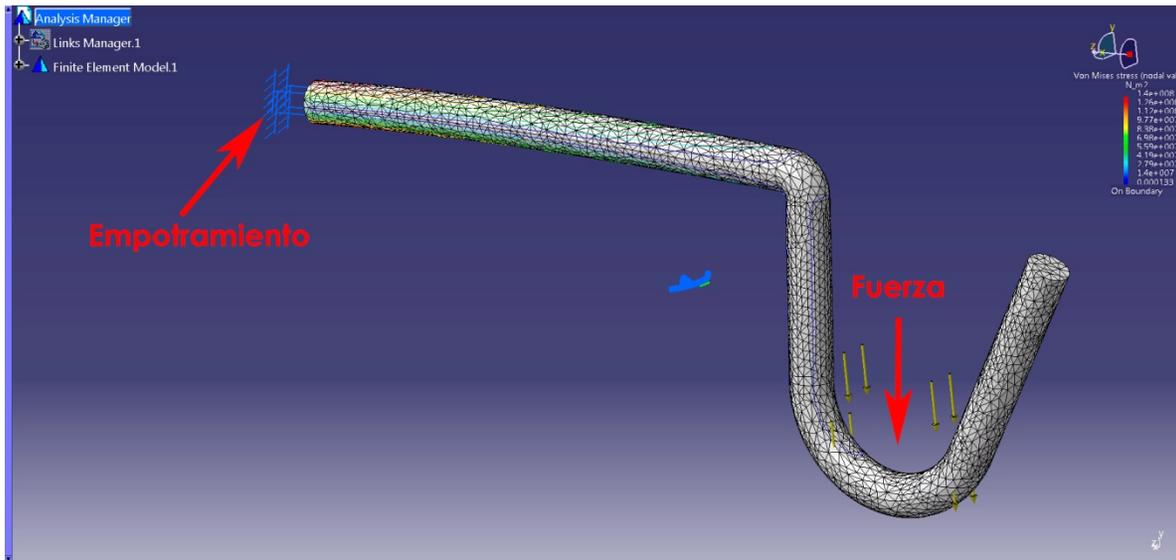


**Fig. 3.16 Simulación de propuestas en CATIA.**

Se realizó un primer análisis a la propuesta #1 en la cual se aplicó solamente la carga de la mitad del peso de la llanta ya que como se mencionó anteriormente en cada cargador existen dos ganchos que sujetan la llanta por lo tanto el peso está distribuido en ambos ganchos.

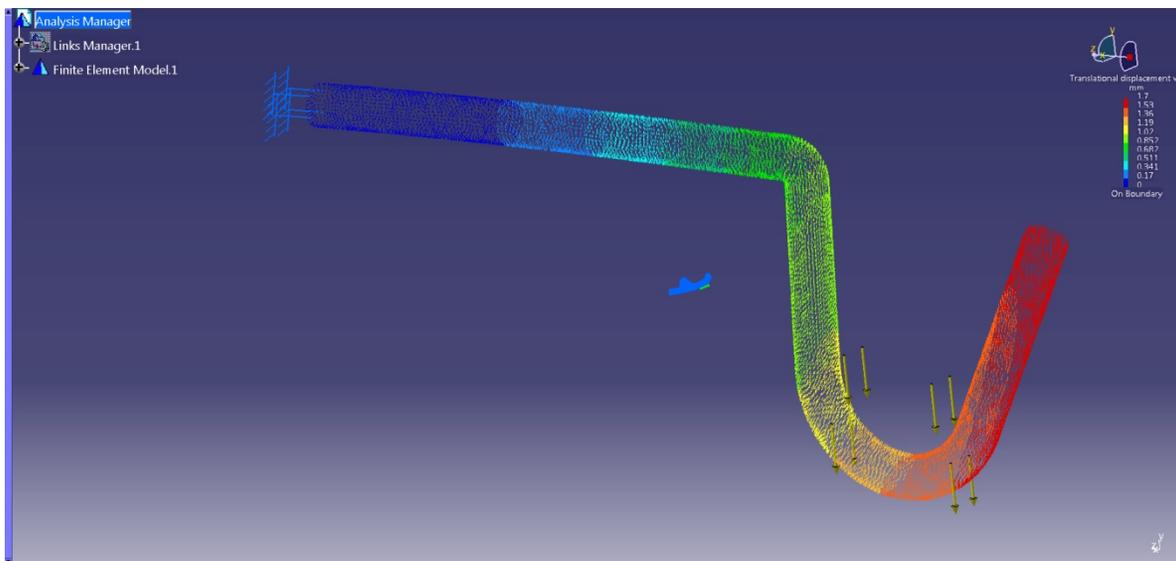
Los análisis arrojaron valores de esfuerzos máximos y mínimos que sufrió la pieza así como valores de deformación máximos y mínimos de la misma.

Los resultados obtenidos se muestran en las siguientes imágenes.



**Fig. 3.17 Resultado de análisis de esfuerzos Propuesta #1**

El análisis arrojó como resultado un esfuerzo máximo de 140 Mpa el cual es bastante menor al esfuerzo de fluencia de 310 MPa por lo cual la pieza está trabajando dentro del rango elástico. La zona que sufrió el mayor esfuerzo fue la zona más cercana al empotramiento.



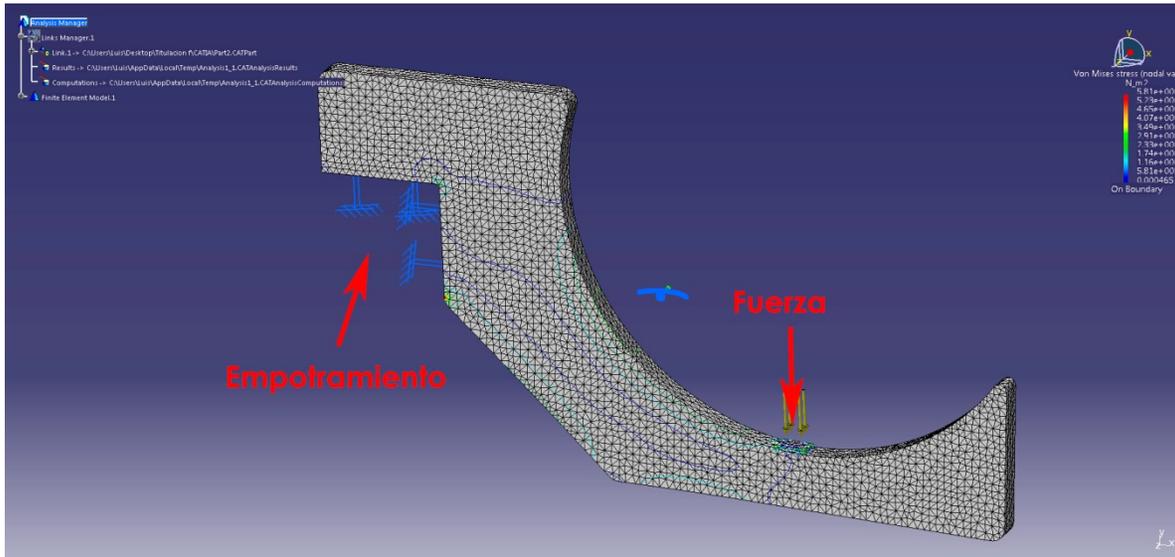
**Fig. 3.18 Resultado de análisis de deformación Propuesta #1.**

El análisis de deformación arrojó un valor máximo de 1.7 mm de desplazamiento siendo la zona en rojo la que sufrió la mayor deformación pero aun así como ya se mencionó la pieza con la carga de la llanta trabaja sobre el rango plástico.

$$\text{Factor de seguridad} = n = \frac{\text{Esfuerzo de fluencia}}{\text{Esfuerzo maximo calculado}} = \frac{310 \text{ mpa}}{140 \text{ mpa}} = 2.2$$

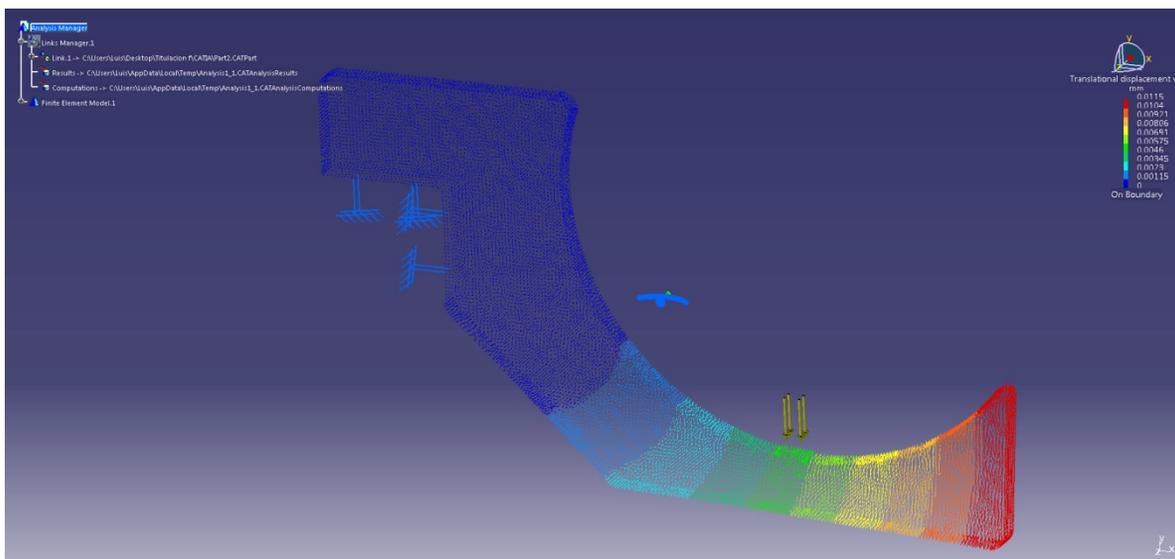
El factor de seguridad nos indica cual es el riesgo de que una pieza pueda fallar, si el valor es menor que 1 quiere decir que es casi seguro que la pieza falle, mientras que más grande es el valor del factor la pieza corre un menor riesgo de fallar por lo tanto es más segura.

En la propuesta numero #2 se realizaron los mismos análisis con las mismas cargas obteniendo los siguientes resultados.



**Fig. 3.19 Resultado de análisis de esfuerzos Propuesta #2**

El análisis en la propuesta #2 arrojó un valor de esfuerzo máximo de 5.81 MPa el cual lo hace considerablemente menor al esfuerzo de fluencia y al esfuerzo que se presentó en el análisis de la propuesta #1.



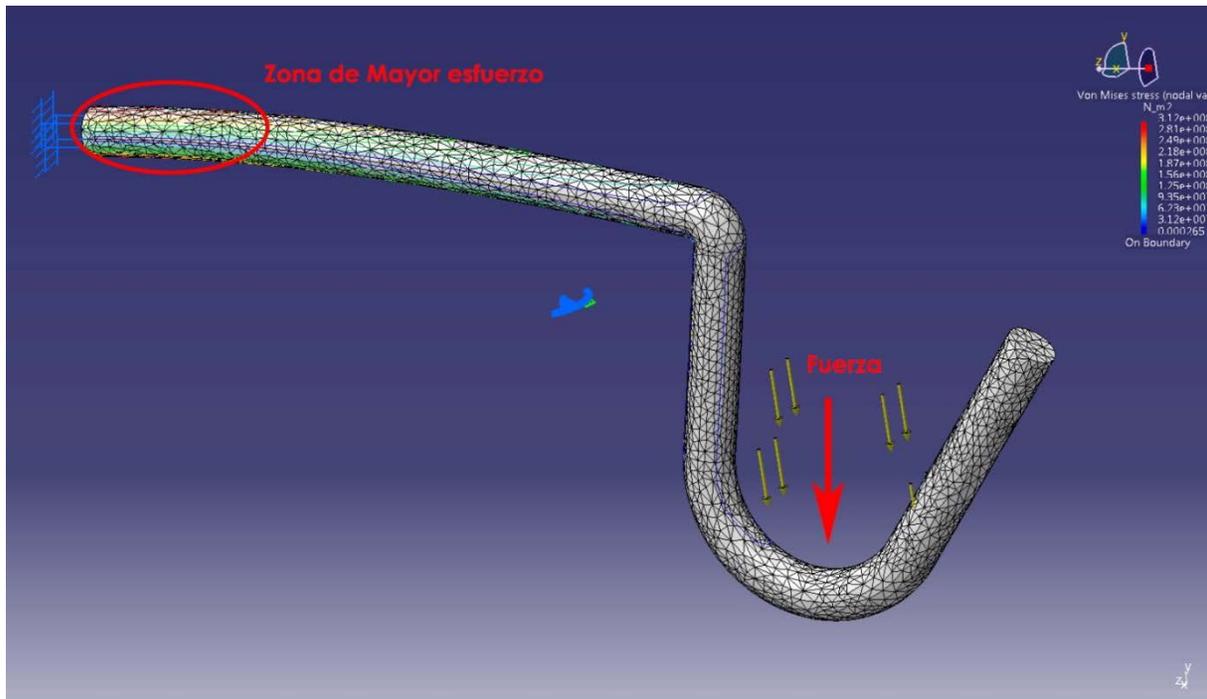
**Fig. 3.20 Resultado de análisis de deformación Propuesta #2.**

El análisis de deformación arrojó un valor máximo de 0.0115 mm el cual se encuentra en la zona en rojo de la **figura 3.17**.

$$\text{Factor de seguridad} = n = \frac{\text{Esfuerzo de fluencia}}{\text{Esfuerzo maximo calculado}} = \frac{250 \text{ mpa}}{5.81 \text{ mpa}} = 43$$

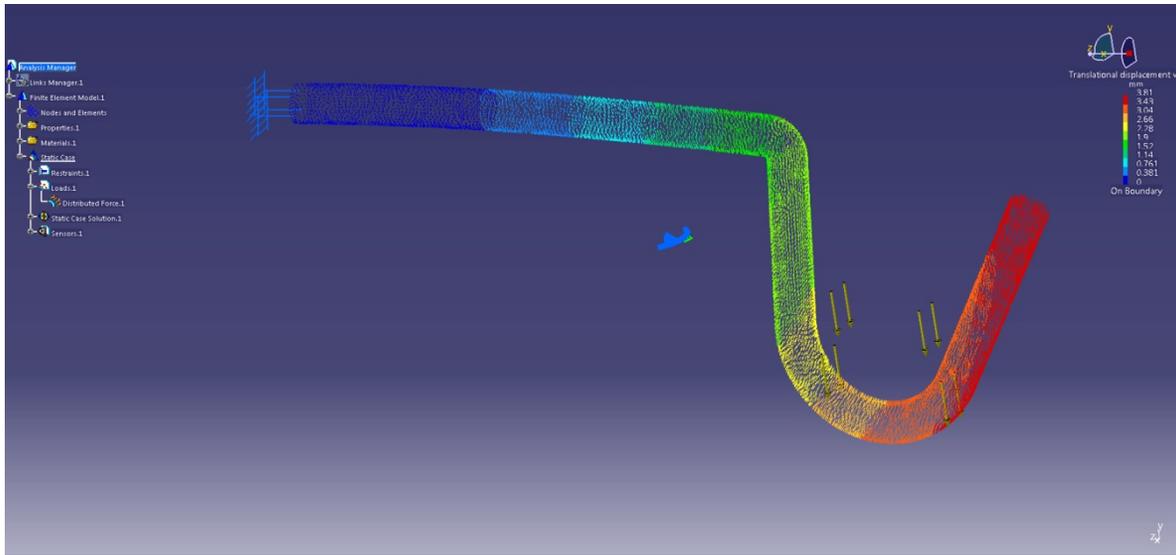
Si bien el factor de seguridad en este caso es alto, se podría concluir que el diseño de la pieza está sobredimensionada pero ahora analizaremos la carga necesaria en ambas piezas para que lleguen a la zona plástica ya que una vez que la pieza llega a trabajar en la zona plástica es necesario que sea reemplazada, una vez teniendo los valores de las cargas máximas que soporta cada pieza se compararán con la carga que soporta el limitador de par de torsión ya que este tiene que proteger de cualquier percance al equipo y por lo tanto los ganchos deben de soportar el esfuerzo de un percance hasta que el limitador de par de torsión pare el equipo y lo proteja del daño.

Se realizaron los análisis correspondientes en cada caso para determinar cuál es la fuerza necesaria para que ambas propuestas llegaran a trabajar en la zona plástica y se deformaran permanentemente.



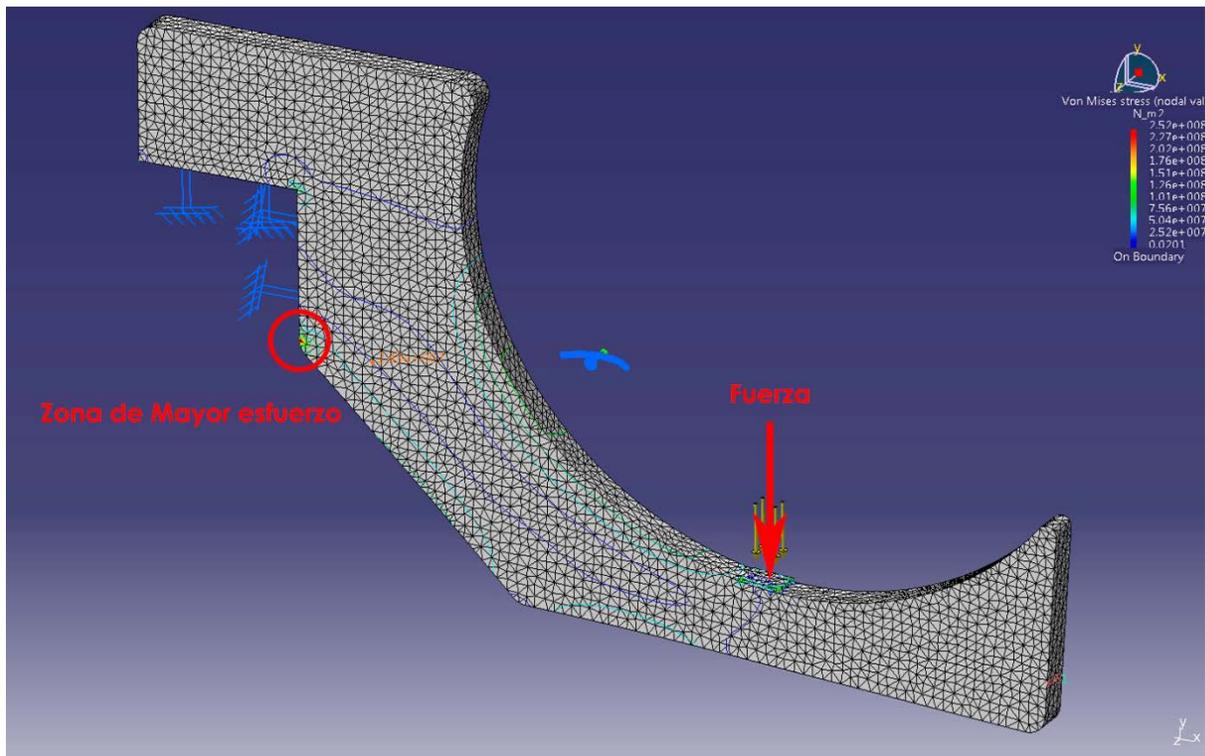
**Fig. 3.21 Segundo de análisis de esfuerzos Propuesta #1**

En este caso se conocía el esfuerzo máximo que se tenía que alcanzar el cual era de 310 MPa este esfuerzo marca el límite de la zona elástica por lo tanto se calculó la fuerza necesaria para superar ese esfuerzo. El análisis arrojó como resultado una fuerza de 175 N que es el equivalente a 17.8 kg por lo tanto un solo gancho es capaz de soportar el peso de la llanta más grande cuyo peso máximo es de 16 kg.



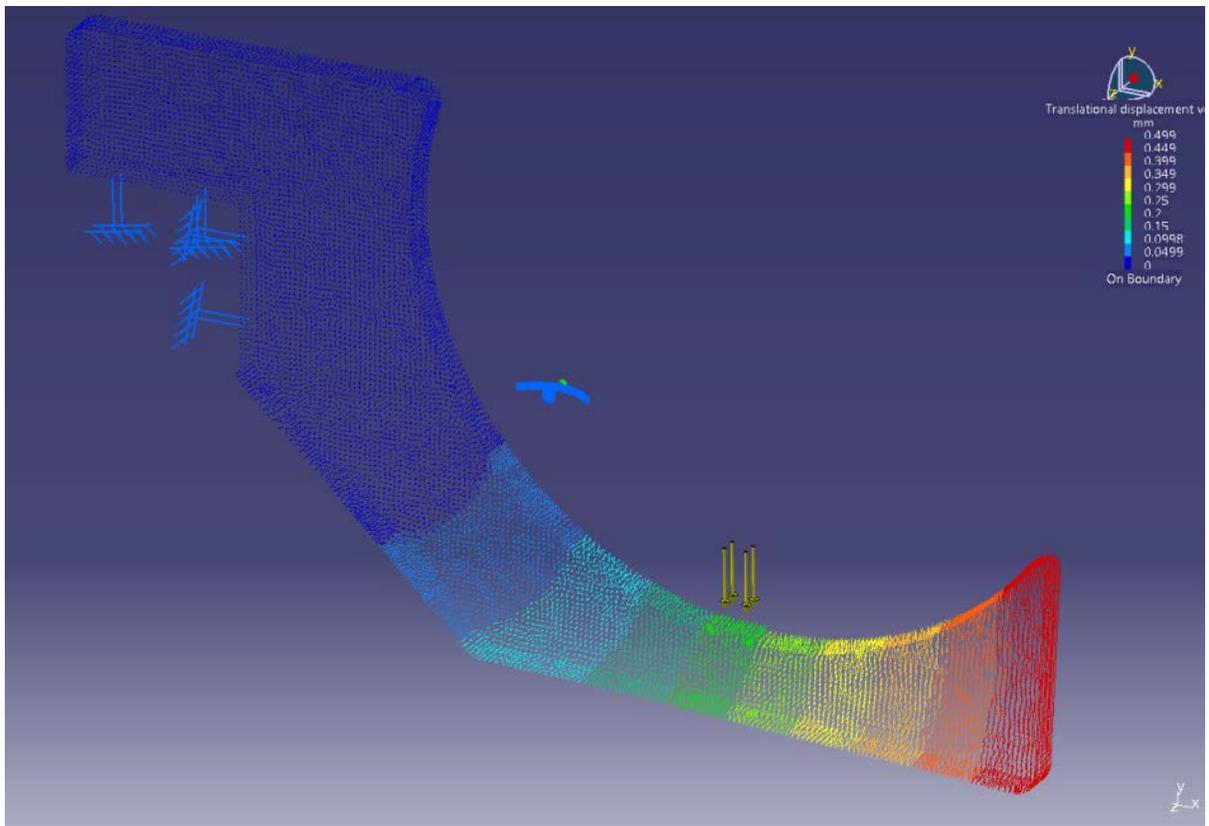
**Fig. 3.22 Segundo de análisis de deformación Propuesta #1**

La deformación máxima de la pieza en este análisis fue de 3.81 mm la cual se muestra en color rojo, esta de formación será permanente ya que en el análisis de esfuerzos con una fuerza aplicada de 175 N se genera un esfuerzo máximo de 312 MPa el cual es superior al esfuerzo de fluencia del acero SAE 1045 el cual es de 310 MPa.



**Fig. 3.23 Segundo de análisis de esfuerzos Propuesta #2**

En este análisis se tomó como referencia el esfuerzo de fluencia del Acero ASTM A-36 el cual es de 250 MPa por lo cual se calculó que la fuerza necesaria para llegar a ese esfuerzo era de 3400 N que puede ser generada por una masa de 346.9 Kg el que se requiere para que los ganchos queden deformados permanentemente y tengan que ser cambiados.



**(Fig. 3.24) Segundo de análisis de deformación Propuesta #2**

La deformación en esta pieza llegando al esfuerzo de fluencia es muy poca apenas 0.49 mm pero a partir de ese punto la deformación será permanente.

Una vez teniendo los análisis de ambas piezas se hará la evaluación de cada propuesta comprándola con la capacidad del limitador de torque.

La motriz cuenta con un motor eléctrico de 2HP y una velocidad de 1750 R.P.M al cual se le adaptó un motor reductor para poder bajar la velocidad y aumentar el torque, el moto reductor tiene una relación de reducción de 71 a 1 por lo tanto la velocidad final de salida será de 50 R.P.M y un torque máximo de salida de 2410 lbs\*in **(Fig 3.25)**.

## 2 HP 60 Hz, 1750 RPM

Output Speed RPM	Output Torque In•lbs	Service Factor SF	AGMA Class	Overhung Load lbs	SELECTION					Option Inverter Duty
					HP Symbol	Frame Size	Shaft Spec.	AGMA Class	Ratio	
50.0	2410	1.21	I	1650	2	6115*	Y	A	35	AV
		1.66	III	2010	2	6120*	Y	C	35	AV
		2.12	III	2010	2	6125*	Y	C	35	AV
40.7	2960	1.01	I	1710	2	6115*	Y	A	43	AV
		1.59	II	2140	2	6125*	Y	B	43	AV
		1.99	III	2510	2	6130*	Y	C	43	AV
34.3	3510	1.15	I	2200	2	6120*	Y	A	51	AV
		1.52	II	2200	2	6125*	Y	B	51	AV
		1.95	III	2630	2	6135*	Y	C	51	AV
		2.29	III	3590	2	6140*	Y	C	51	AV
29.7	4060	1.08	I	2200	2	6125*	Y	A	59	AV
		1.46	II	2740	2	6130*	Y	B	59	AV
		1.68	III	2740	2	6135*	Y	C	59	AV
		1.97	III	3590	2	6140*	Y	C	59	AV
24.6	4880	1.22	I	2900	2	6130*	Y	A	71	AV
		1.45	II	2900	2	6135*	Y	B	71	AV
		1.62	III	3590	2	6140*	Y	C	71	AV
		2.02	III	3590	2	6145*	Y	C	71	AV

**Fig. 3.25** Tabla para selección de motorreductor.

Una vez teniendo el dato del par de torsión con el que trabaja el equipo podemos seleccionar el limitador de par de torsión pero antes debemos realizar la conversión de el torque que está en unidades de lbs\*in a unidades de N\*m

$$2,410 \text{ lb} * \text{in} * \frac{4.44 \text{ N}}{1 \text{ lb}} * \frac{0.0254 \text{ m}}{1 \text{ in}} = 271.79 \text{ N.m}$$

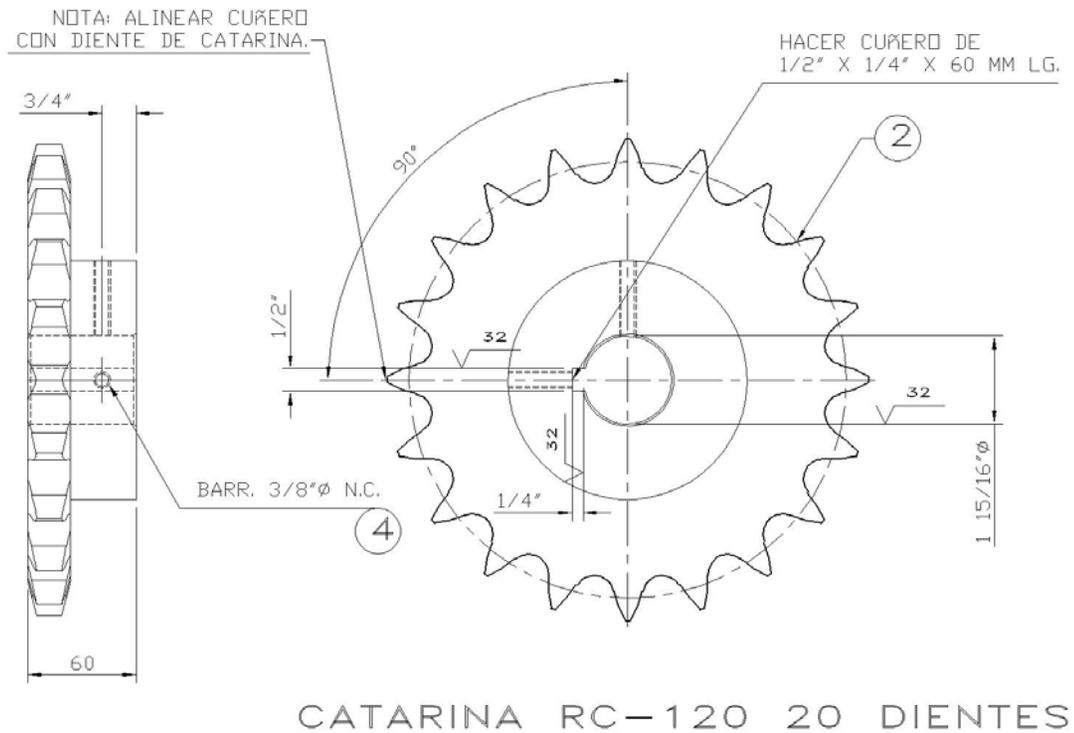
Una vez teniendo esos datos podemos escoger un limitador de par de torsión que trabaje arriba de ese torque.

Datos técnicos / Technical facts / Données techniques							
TYPE – FHW-B		3	25	60	160	400	1000
Par de desembrague disengagement torque Couple de décliquement	(Nm)*	0,7 - 3	3 - 25	10 - 60	40 - 160	120 - 400	250 - 1000
Momento de inercia inertia torque Couple de inertie	10 <sup>-3</sup> (kgm <sup>2</sup> )	0,05	0,11	0,60	2	8,2	35,7
Masa mass Masse	ca. (kg)	0,20	0,35	0,90	1,85	4,2	9,7

**Fig. 3.25** Tabla para selección de limitador de par de torsión.

El limitador de torque que usamos fue el FHW-B 400 que puede ser calibrado entre 120 y 400N\*m por lo tanto el valor mínimo que tomaremos como referencia es el torque que entrega el motor reductor que es de 271.79N.m.

El motor reductor estará acoplado a una catarina de 120mm de radio de paso. **(Fig.3.26)**



**Fig. 3.26 Plano general de catarina RC-120.**

Teniendo el dato del radio de la catarina podemos calcular la fuerza que esta ejerce sobre la cadena y por lo tanto sobre los ganchos.

$$F = \frac{\text{Torque}}{\text{Distancia}} = \frac{271.79N * m}{0.12 m} = 2264.9 N$$

Por lo tanto con este cálculo tenemos todos los elementos necesarios para poder analizar, comparar y determinar la mejor selección del diseño del gancho en relación a su rendimiento mecánico, pero también existe el punto de vista económico el cual también es importante analizar.

### 3.3.1.1.4 Evaluación de propuestas de un punto de vista económico.

El factor económico en la industria es muy importante ya que la finalidad del proyecto aparte de que sea funcional es que se pueda obtener un beneficio económico es por eso que se deben de cuidar también los aspectos económicos a la hora de diseñar por lo tanto analizamos las propuestas desde un punto de vista económico, para esto nos centramos en 2 factores:

- Costo de Material.
- Costo de manufactura.

El costo del material se calculará por el volumen de la pieza y así se obtendrá el resultado de que pieza requiere más material para ser fabricada y por lo tanto su precio será mayor.

Para esto CATIA permite obtener el volumen de cualquier pieza simulada y eso permite reducir el tiempo del cálculo

- Propuesta # 1 tiene un volumen de material  $21.9 \text{ cm}^3$ .
- Propuesta # 2 tiene un volumen de material  $156.8 \text{ cm}^3$ .

Esto quiere decir que se necesitan más de 7 veces el volumen del material de la propuesta #1 para fabricar el de la propuesta #2 por lo tanto la propuesta # 2 es más costosa en cuanto a material que la propuesta #1.

En cuanto al costo de manufactura si bien los precios dependen de cada proveedor se puede estimar que propuesta es más costosa de fabricar estimando el equipo necesario para su fabricación y las horas hombre que se necesita para fabricarla.

Propuesta	Horas Hombre	Equipo
Propuesta #1	0.5	Manual, Dobladoras Automáticas
Propuesta #2	0.5	Cortadora de Agua, corte Laser, cortadora de oxiacetielno.

Si bien las horas hombre son similares en ambos casos un el diseño de la propuesta #1 requiere de menos equipo especializado para fabricarse ya que existe forma de fabricarlo de manera manual mientras que en la propuesta #2 es prácticamente obligatorio el uso de algún corte por control numérico lo que hace más costosa la fabricación de la propuesta #2.

Por lo tanto desde el punto de vista económico la propuesta #1 es en ambos casos menos costosa de fabricar que la propuesta #2.

### **3.3.1.1.5 Selección final de Diseño.**

Una vez teniendo las simulaciones de diseño y el análisis económico de ambas propuestas se pudo tomar la decisión final de la pieza para ser fabricada y evaluada.

- **Simulación y análisis estructural**

Según los resultados obtenidos en los análisis y la selección de el limitador de par de torsión se debe tener una pieza que soporte fuerzas arriba de 2264.9 N ya que ese es el límite al cual estará calibrado el limitador de par y por lo tanto si no puede soportar esa carga la pieza fallará mecánicamente en cualquier percance o atascamiento por lo cual la propuesta #1 queda descartada ya que la carga máxima que resiste antes de pasar a la zona plástica es de 175 N por lo cual quedará deformada en cualquier atascamiento antes que el limitador de par pueda detener el equipo.

- **Punto de vista económico.**

Si bien la propuesta #1 cumple la función de transportar las llantas sin problema y además de ser una opción de menor costo que la propuesta #2 se debe de considerar que ante algún percance con los ganchos la propuesta #1 no resistiría y tendría que ser reemplazada lo cual implicaría con el tiempo un mayor costo mientras que la propuesta #2 resistiría un atascamiento sin sufrir daño y por lo tanto no requeriría ser reemplazada en caso de algún percance.

Por lo tanto la propuesta final la cual se escogió es la propuesta # 2 de esta propuesta se fabricó un prototipo el cual se montó y se probó para comprobar su eficiencia.

### **3.3.1.1.6 Diseño a detalle.**

En esta etapa se deben aplicar los cambios para mejorar el diseño esto con base a los resultados obtenidos en los análisis y simulaciones de ser necesario se realizarían nuevos análisis para evaluar las modificaciones en el prototipo y una vez que la pieza cumpla sus funciones se realizará el diseño final el cual será fabricado o del cual se fabricará un prototipo para ser evaluado físicamente.

El plano siguiente muestra el diseño final del gancho el cual fue enviado para que se fabricara un prototipo y así ser evaluado físicamente (**Fig 3.27**).



### 3.4 Análisis de los resultados obtenidos.

En esta sección analizaremos los resultados de las simulaciones y los compararemos con los requisitos del diseño para evaluar si la decisión final fue la mejor opción.

	<b>Propuesta #1</b>	<b>Propuesta #2</b>
<b>Resultado de análisis de esfuerzo bajo una carga de 78.4 N (peso de la llanta)</b>	140 MPa	5.81 Mpa
<b>Material</b>	Acero SAE-1045	Acero ASTM A-36
<b>Esfuerzo de fluencia.</b>	310 MPa	250 MPa

La tabla anterior compara ambas propuestas y el esfuerzo que se genera en cada una de ellas cargando solo el peso de llanta en ambos casos soportan perfectamente el peso de la llanta sin superar la zona elástica por lo tanto ambas piezas funcionan perfectamente para este propósito.

	<b>Propuesta #1</b>	<b>Propuesta #2</b>
<b>Fuerza necesaria para que la pieza llegue a la zona plástica.</b>	175 N	3400 N
<b>Esfuerzo calculado</b>	312 MPa	252 Mpa
<b>Material</b>	Acero SAE-1045	Acero ASTM A-36
<b>Esfuerzo de fluencia.</b>	310 MPa	250 MPa

Esta tabla muestra la fuerza necesaria que se necesita aplicar para que las piezas lleguen a la zona plástica y se deformen permanentemente una vez que ocurre eso se considera que la pieza falló y necesitará ser reemplazada.

Estos datos nos sirven para evaluar también si ambas piezas son capaces de soportar un atascamiento sin sufrir deformación antes de que actúe el paro de emergencia el cual puede ser activado por un operador o puede ser activado por el limitador de par de torsión el cual si supera cierto valor de torsión corta la corriente y también la transmisión de la motriz.

	<b>Propuesta #1</b>	<b>Propuesta #2</b>
<b>Fuerza necesaria para que la pieza llegue a la zona plástica.</b>	175 N	3400 N
<b>Esfuerzo calculado</b>	312 MPa	252 Mpa
<b>Material</b>	Acero SAE-1045	Acero ASTM A-36
<b>Esfuerzo de fluencia.</b>	310 MPa	250 MPa
<b>Fuerza mínima del Limitador de torque.</b>	2264.9N	

Como se observa en la tabla anterior la fuerza mínima con la cual actúa el limitador de par es de 2264.9 N a lo cual nos indica que si el gancho no es capaz de soportar una fuerza mínima de 2264.9 N en cualquier atascamiento será deformado antes de que el limitador de par pueda detener el equipo.

Es por esa razón que la propuesta #2 fue elegida a pesar de que ambas propuestas cumplieran con la tarea de cargar las llantas y la propuesta #1 fuera de menor costo.

## Conclusiones.

- A partir de los cálculos obtenidos mediante la simulación y el análisis de las piezas con ayuda del software (CAD) pudimos evaluar las opciones desde dos puntos de vista tanto económico como mecánico en tiempos muy cortos aumentando la eficiencia en el diseño y así poder escoger la mejor opción, la pieza analizada en este documento fue fabricada físicamente y montada en el equipo en la planta de NMX la cual respondió como se esperaba ya que se presentaron atascamientos durante las pruebas y la pieza no se deformó ya que el limitador de par actuaba antes de que el equipo sufriera algún daño.
- A pesar de que las herramientas de (CAD) son muy útiles y facilitan el trabajo siempre es necesario contar con un criterio de análisis para poder interpretar correctamente los resultados y así poder tomar la mejor decisión para el diseño.
- Por último cabe señalar que para realizar un diseño no solo se toma en cuenta los factores mecánicos si no también los factores económicos, el cuidado del personal que va a operar el equipo, así como también el proceso con el cual va a trabajar esto hace que las responsabilidades como ingeniero sean mayores a solo analizar los aspectos mecánicos ya que existen diferentes ramas de otras disciplinas que complementan la ingeniería y deben ser tomadas en cuenta por el ingeniero para complementar y reforzar su trabajo.
- En otro aspecto cabe mencionar la importancia de las materias impartidas durante la carrera, del area de ciencias básicas y las de la especialidad, las cuales me sirvieron para poder desarrollarme en la empresa en la cual laboro. En mi área el uso de Estática, Mecánica de Sólidos, Ciencia de Materiales, Metalurgia Física,, entre otras; son de suma importancia para el desarrollo de la ingeniería. Por lo tanto puedo concluir que el plan de estudios es bastante completo y muy bueno para el aprendizaje de la ingeniería sin embargo un ingeniero nunca debe de dejar de aprender y siempre complementar sus conocimientos a lo largo de toda su vida como ingeniero.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- **Diseño en Ingeniería Mecánica, J.E. Shigley y C.R. Mischke, McGraw Hill 2002**
- **Diseño de maquinaria, R.L. Norton, McGraw Hill. 2000**