



DISEÑO DE UN SISTEMA DE IZADO PARA MEJORAR EL PROCESO DE  
MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA “SECADORA-ENFRIADORA”, QUE SE EMPLEA  
ACTUALMENTE EN LA FABRICACIÓN DE AZÚCAR EN EL INGENIO PROVIDENCIA  
S.A., UBICADO EN CERRITO – VALLE DEL CAUCA.

JOSÉ ALFREDO VALLEJO

cod. 7818806

OLMEDO ROSERO GUERRERO

cod. 16270624

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA

TECNOLOGÍA INDUSTRIAL

PALMIRA, VALLE DEL CAUCA

2017



DISEÑO DE UN SISTEMA DE IZADO PARA MEJORAR EL PROCESO DE  
MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA “SECADORA-ENFRIADORA”, QUE SE EMPLEA  
ACTUALMENTE EN LA FABRICACIÓN DE AZÚCAR EN EL INGENIO PROVIDENCIA  
S.A., UBICADO EN CERRITO – VALLE DEL CAUCA.

JOSE ALFREDO VALLEJO  
OLMEDO ROSERO GUERRERO

TUTOR: PROYECTO DE GRADO

Proyecto de grado para optar por el título de tecnólogo en ingeniería industrial

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA

2017

## Tabla de contenido

<b>1. Dedicatoria</b> .....	6
<b>2. Agradecimientos</b> .....	7
<b>3. Resumen</b> .....	8
<b>4. Palabras Clave</b> .....	8
<b>5. Abstract</b> .....	9
<b>6. Planteamiento del Problema</b> .....	10
<b>7. Pregunta de Investigación</b> .....	11
<b>8. Justificación</b> .....	12
<b>9. Objetivos</b> .....	13
<b>9.1 Objetivo general</b> .....	13
<b>9.2 Objetivos Específicos</b> .....	13
<b>10. Marco teórico</b> .....	14
<b>10.1 Diseño</b> .....	14
<b>10.2 Mantenimiento</b> .....	15
<b>10.3 El proceso del azúcar</b> .....	18
<b>10.3.1 Molienda.</b> .....	19
<b>10.3.2 Clarificación</b> .....	19
<b>10.3.3 Evaporación</b> .....	19
<b>10.3.4 Cristalización</b> .....	20
<b>10.3.5 Centrifugación.</b> .....	20
<b>10.3.6 Refinado</b> .....	20
<b>10.3.7 Secado</b> .....	21
<b>10.4 Proceso de secado del azúcar</b> .....	22
<b>10.4.1 Tambor rotativo</b> .....	23
<b>10.5 Riesgos laborales</b> .....	26

<b>10.5.1 Factores de riesgo</b> .....	28
<b>Metodología</b> .....	30
<b>11 Cronograma de actividades</b> .....	32
<b>12 Resultados</b> .....	33
<b>13.1 Diseño del sistema de izaje</b> .....	33
<b>13.1.1 Costos de diseño e implementación del Proyecto</b> .....	49
<b>13.2 tiempo y costos con relación al antiguo proceso de izaje</b> .....	51
<b>13.3 Comparación de costos antes y después del diseño del sistema de izaje</b> .....	54
<b>Evaluación económica</b> .....	54
<b>13 Conclusiones</b> .....	56
<b>14 Recomendaciones</b> .....	58
<b>15. Glosario</b> .....	59
<b>16. Referencias</b> .....	60

## Índice de figuras

Figura 1 Proceso de secado del azúcar.....	10
Figura 2 Instalación de la secadora-enfriadora con grúa de elevación.....	11
Figura 3 Proceso industrial de la caña de azúcar para ser transformada en alcohol y energía....	21
Figura 4 Proceso de secado del azúcar.....	23
Figura 5 Tambor rotativo.....	24
Figura 6 Rodillos de rodadura.....	25
Figura 7 Montaje tambor de la secadora-enfriadora.....	35
Figura 8 Área de sujeción.....	36
Figura 9 Enganche tipo cesta.....	37
Figura 10 Dibujo del sistema de izaje.....	38
Figura 11 Plano del sistema de izaje.....	39
Figura 12 Vista frontal del sistema de izaje.....	41

Figura 13 Sistema de izaje.....	42
Figura 14 Análisis de esfuerzos y deflexión por el método de elementos.....	43
Figura 15 Estado de esfuerzos.....	44
Figura 16 Calculo de resistencia de las vigas para el sistema de izaje.....	45
Figura 17 Calculo de resistencia de vigas.....	46
Figura 18 procedimientos para la construcción de la estructura metálica del sistema de izaje....	52

### Índice de tablas

Tabla 1 Descripción de las actividades de mantenimiento de la maquina secadora-enfriadora...	17
Tabla 2 Factores de riesgos.....	28
Tabla 3 Cronograma de actividades.....	34
Tabla 4 Materiales para la construcción del sistema de izaje.....	40
Tabla 5 Resistencia de cables de acero.....	49
Tabla 6 Recursos.....	51
Tabla 7 Relación de actividades, tiempos y costos en el proceso de mantenimiento del tambor..	53
Tabla 8 Comparación de los riesgos del mantenimiento anterior al nuevo sistema de izaje.....	54
Tabla 9 Actividad económica.....	57



## **1. Dedicatoria**

Este trabajo es dedicado a mi familia, por todo su apoyo en mi formación académica, que fue esencial para lograr mi sueño de ser profesional y así garantizarles un futuro mejor. A Dios por posibilitar la forma de culminar con éxito mi carrera y a todos aquellos que me acompañaron en este proceso.

## 2. Agradecimientos

Agradezco a los profesores, quienes fueron guía y apoyo para el desarrollo personal y en la formación académica adquirida a lo largo de estos siete semestres. A mi familia, por enseñarme la importancia de la perseverancia en la consecución de nuestros objetivos. A Leonardo Fabio García, tutor del presente proyecto quien con su apoyo, guío para direccionar y culminar el trabajo en el que se representa toda mi formación. Al ingenio providencia S.A. que me brindó la oportunidad de emprender un nuevo reto. En general a todos los que se vieron involucrados en este trabajo, les agradezco profundamente por su apoyo y compromiso.

### 3. Resumen

Este proyecto tiene como objetivo general construir un sistema de izado para mejorar el proceso de mantenimiento de la máquina “secadora-enfriadora”, que se emplea en la fabricación de azúcar en el ingenio providencia S.A. ubicado en cerrito – valle del cauca.

El mantenimiento de la maquina secadora –enfriadora se hace cada seis meses; debido a su gran tamaño y peso, requiere de un manejo especial, razón por la cual genera grandes pérdidas económica reflejados en: la contratación de la grúa, tiempo de paro en la producción, mano de obra especializada, y también genera grandes riesgos laborales.

Debido a la complejidad del proceso de izada de la maquina secadora –enfriadora, costos y riesgos, se concibe la idea de diseñar y construir un nuevo sistema que facilite todo este proceso a la hora de realizar el mantenimiento a la máquina, y que disminuya los riesgos que conlleva.

Por medio de la observación interactiva y la entrevista en profundidad se determinaron los riesgos y los costos que genera la utilización de la grúa, y además permitió hacer la comparación con el nuevo sistema de izado, la cual dio como resultado la disminución de los costos, riesgos laborales y tiempo de arranque de la máquina, motivo por el cual la empresa se ahorra la cantidad de \$ 285.324.056 en el primer semestre y por mantenimiento.

Por lo tanto el nuevo sistema de izado proporciona una gran utilidad al área de elaboración de la empresa providencia S.A.

4. **Palabras Clave:** diseño, sistema de izado, proceso de mantenimiento, maquina secadora-enfriadora, azúcar, reducción de costos, riesgos laborales



## 5. Abstract

This project has as general objective to build a hoisting system to improve the process of maintenance of the machine "dryer-chiller", that is used in the manufacture of sugar in the wit Providencia S.A. located in Cerrito - Valle del Cauca.

The maintenance of the dryer machine - chiller is done every six months; due to its large size and weight, requires special handling, which is why it generates large economic losses reflected in: crane contracting, downtime in production, specialized labor, and also generates large occupational hazards.

Due to the complexity of the dryer's hoisting process - chiller, costs and risks, the idea of designing and constructing a new system that facilitates all this process at the time of maintenance to the machine is conceived, risks it entails.

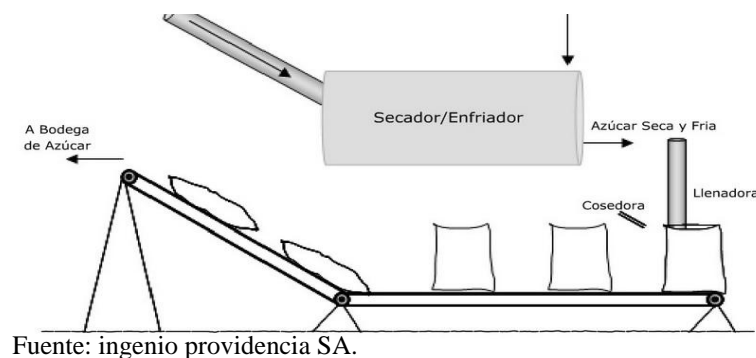
Through the interactive observation and the in-depth interview, the risks and costs generated by the use of the crane were determined, as well as the comparison with the new hoisting system, which resulted in lower costs, labor risks and start-up time of the machine, which is why the company saves the amount of \$ 689,778,323 for each maintenance.

Therefore the new hoisting system provides a great utility to the production area of the company Providencia S.A.

## 6. Planteamiento del Problema

El Ingenio Providencia S.A en la búsqueda de mejorar su calidad y eficiencia de los procesos productivos, está implementando nuevas tecnologías para el proceso de secado del azúcar, utilizando maquinaria con la cual se alcanzan volúmenes de secado hasta de 40 toneladas por hora. Este tipo de maquinaria especializada, como son las secadoras-enfriadoras MAUSA, utilizan aire caliente para eliminar humedad del azúcar y evitar que se formen terrones una vez ésta sea empacada.

Figura 1 proceso de secado de azúcar



Debido a la importancia que alcanza esta maquinaria especializada para el proceso productivo del azúcar, la empresa vela por mantenerla en funcionamiento, y por ende debe permanecer en buen estado. Actualmente para las labores de mantenimiento, se está empleando aproximadamente cinco (5) días, los cuales incurren en sobre costos por el uso de una grúa de gran elevación, la cual es utilizada para levantar la maquina secadora-enfriadora, el contrato externo encargado en desmontar el techo y la utilización de mano de obra especializada.

Por otro lado se encuentra los riesgos a los que está expuesto el personal, como por ejemplo atrapamiento, quemaduras, cargas suspendidas, golpes, caídas, etc.

*Figura 2 Instalación de la secadora-enfriadora con grúa de elevación*



Fuente: Ingenio Providencia S.A.

Por lo expuesto anteriormente, se pretende optimizar el proceso de mantenimiento de la máquina, mediante la instalación de un sistema de izaje del tambor (secadora-enfriadora), de manera que se reduzcan los tiempos de parada del equipo, los riesgos de accidentes, costos de alquiler de equipos y costos de mano de obra especializada, y de esta forma contribuir al desarrollo económico, productivo y tecnológico de la empresa.

## **7 Pregunta de Investigación**

¿Cómo se puede mejorar el proceso de mantenimiento de la maquina secadora-enfriadora en pro de reducir costos y riesgos laborales, con el nuevo sistema de izado?

## 8 Justificación

Es importante mantener una cultura innovadora y de gestión del conocimiento, por ello constantemente en la industria se promueve actividades para que el personal que labora en cada área, pueda explotar su potencial y tenga la oportunidad de contribuir al desarrollo de los procesos que allí se llevan a cabo.

Este proyecto busca lograr un proceso eficiente en el mantenimiento de la secadora-enfriadora que se utiliza en la fabricación de azúcar, minimizando los riesgos laborales a los que se expone el personal del área de mantenimiento.

También, desde una perspectiva laboral, pretendemos enmarcarnos dentro del concepto de Innovación e Ingenio, que como parte de los valores presentes en cualquier empresa, se traduce en una filosofía de mejoramiento continuo orientada a presentar soluciones que signifiquen un mayor nivel de competitividad, en este caso en particular, con la construcción de un sistema de izaje que facilite el proceso de mantenimiento de la maquina secadora-enfriadora, con la que se quiere lograr una reducción en los tiempos y costos, manteniendo la seguridad del personal y mejorando el nivel de productividad en la empresa.

## 9 Objetivos

### 9.1 Objetivo general

Construir un sistema de izado para mejorar el proceso de mantenimiento de la máquina “secadora-enfriadora”, que se emplea actualmente en el proceso de secado del azúcar en el ingenio providencia S.A., ubicado en cerrito – valle del cauca.

### 9.2 Objetivos Específicos

- ✓ Diseñar un sistema para izar, con capacidad de 40 toneladas, que permita minimizar los riesgos laborales, costos operativos y tiempos de parada del proceso de mantenimiento de la máquina secadora-enfriadora del ingenio Providencia del Cerrito Valle.
- ✓ Determinar los riesgos laborales, los costos en el mantenimiento y el tiempo de arranque de la maquina secadora-enfriadora utilizada actualmente en el ingenio Providencia S.A del Cerrito Valle.
- ✓ Comparar costos/beneficio en el proceso de mantenimiento de la máquina secadora-enfriadora, con el nuevo sistema de izado.

## 10 Marco teórico

Para el desarrollo de este proyecto de investigación aplicada se tuvieron en cuenta algunos conceptos que permiten la comprensión del desarrollo de este proyecto. De esta manera es pertinente destacar que este trabajo pretende Construir un sistema de izado para mejorar el proceso de mantenimiento de la máquina “secadora-enfriadora”, que se emplea actualmente en el proceso de secado del azúcar en el ingenio providencia S.A., ubicado en cerrito – valle del cauca, y de esta forma reducir los riesgos laborales, los tiempos de arranque de la máquina y costos que se emplean en el proceso de mantenimiento.

Se tuvieron en cuenta conceptos como: diseño, mantenimiento, proceso del azúcar, secado del azúcar y riesgos laborales.

### 10.1 Diseño

Según Wikipedia (2015)

El diseño se define como el proceso previo de configuración mental, "prefiguración", en la búsqueda de una solución en cualquier campo. Utilizado habitualmente en el contexto de la industria, ingeniería, arquitectura, comunicación y otras disciplinas creativas.

Por lo tanto el diseño es una forma de expresar ideas creativas que ayudan a dar solución a problemas que en ciertos momentos interfieren en el desempeño de una labor o productividad de una empresa, así pues que diseñar se convierte en un recurso idóneo donde diferentes habilidades se combinan para crear una imagen sobre la dificultad o el problema.

El diseño se expresa a través de esbozos, dibujos, bocetos o esquemas trazados en cualquiera de los soportes. Todo este proceso requiere de una visión previa del problema a solucionar, mediante una investigación previa.

Inicialmente el diseño se hace con el fin de solucionar el problema, a medida que se va desarrollando se va dando una mejor estética. Cabe retomar a Wikipedia (2015) página que cita al ingeniero Maldonado T. (s f) el cual expresa lo siguiente:

El diseño industrial es una actividad proyectual que consiste en determinar las prioridades formales de los objetos producidos industrialmente. La forma tiene por misión, no sólo alcanzar un alto nivel estético, sino hacer evidentes determinadas significaciones y resolver problemas de carácter práctico relativos a la fabricación y el uso. Diseño es un proceso de adecuación formal, a veces no consciente, de los objetos.

Desde este punto de vista como diseñador, se debe tener conocimientos sobre aquellos materiales apropiados para el diseño del proyecto, esto significa conocer resistencias, capacidad, ductilidad, maleabilidad, etc. que determinen la resistencia de los materiales, y así poder seleccionar el material viable para el desarrollo del proyecto y de esta manera proporcionar confiabilidad del trabajo a realizar.

Un diseño se debe realizar para que satisfaga la necesidad del problema, por lo tanto, debe ser fácil de usar, fácil de armar, y que cumpla con todos los estándares requeridos según su utilidad.

## **10.2 Mantenimiento**

Según Renovetec (2016):

Tradicionalmente, se han distinguido 5 tipos de mantenimiento, que se diferencian entre sí por el carácter de las tareas que incluyen:

**Mantenimiento Correctivo:** Es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos y que son comunicados al departamento de mantenimiento por los usuarios de los mismos.

**Mantenimiento Preventivo:** Es el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las intervenciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno. Suele tener un carácter sistemático, es decir, se interviene aunque el equipo no haya dado ningún síntoma de tener un problema.

**Mantenimiento Predictivo:** Es el que persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad. Para aplicar este mantenimiento, es necesario identificar variables físicas (temperatura, vibración, consumo de energía, etc.) cuya variación sea indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo. Es el tipo de mantenimiento más tecnológico, pues requiere de medios técnicos avanzados, y en ocasiones, de fuertes conocimientos matemáticos, físicos y/o técnicos.

**Mantenimiento Cero Horas (Overhaul):** Es el conjunto de tareas cuyo objetivo es revisar los equipos a intervalos programados bien antes de que aparezca ningún fallo, bien cuando la fiabilidad del equipo ha disminuido apreciablemente de manera que resulta arriesgado hacer previsiones sobre su capacidad productiva. Dicha revisión consiste en dejar el equipo a Cero horas de funcionamiento, es decir, como si el equipo fuera nuevo. En estas revisiones se sustituyen o se reparan todos los elementos sometidos a desgaste. Se pretende asegurar, con gran probabilidad un tiempo de buen funcionamiento fijado de antemano.

**Mantenimiento En Uso:** es el mantenimiento básico de un equipo realizado por los usuarios del mismo. Consiste en una serie de tareas elementales (tomas de datos, inspecciones visuales, limpieza, lubricación, reapriete de tornillos) para las que no es necesario una gran formación, sino



tal solo un entrenamiento breve. Este tipo de mantenimiento es la base del TPM (Total Productive Maintenance, Mantenimiento Productivo Total).

Para el Ingenio Providencia S.A. es importante que toda la maquinaria esté operando en óptimas condiciones, con el fin de evitar paros innecesarios. Durante este período, la maquinaria trabaja las 24 horas sin descansar y todo debe de estar en su mejor estado de funcionamiento.

Para esto se aplican técnicas de mantenimiento predictivas, preventivas y correctivas. En la actualidad se busca que la mayoría de actividades de mantenimiento sean de carácter predictivo, en la cual se incluyen técnicas como el monitoreo de vibraciones mecánicas, etc.

Las siguientes son algunas actividades de mantenimiento que se le realizan a la maquina secadora-enfriadora:

- Aseo general interna y externamente de la secadora.
- Rasquetear tambor.
- Retirar frange tubería de polvillo destapar y asear.
- Realizar aseo transmisión, Motor, reductor.
- Revisar chumaceras y rodamientos.
- Revisar ejes y bujes cambiar si tiene mucho desgaste.
- Revisar y asear pista (catalina) del tambor.
- Realizar control de niveles de aceite en los reductores.
- Realizar aseo, recoger residuo y entregar equipo.

Tabla 1 descripción de las actividades de mantenimiento de la maquina secadora-enfriadora

PROCESO MANTENIMIENTO SECADORA-ENFRIADORA	Descripción	Tiempo	Recursos utilizados
<b>AJUSTES:</b>  Precisar alineamiento del rotor.  Darle el grado de inclinación al rotor o tambor rotativo	Verificar el alineamiento de ejes de los rodillos de rodaje junto con el desequilibrio y fallos de rodamiento, que cubren el 85% de los problemas en máquinas rotativas. Cuando se encuentra ejes desalineados, se encuentran fuerzas adicionales en los acoplamientos que genera mayor fuerza de consumo de energía. Estos esfuerzos se transforman en una carga adicional sobre los rodamientos o cojinetes lo que conduciría a un desgaste prematuro y por lo tanto un acortamiento de la disponibilidad de la máquina.	8 horas	- Indicadores de carátulas - Llaves estrellas y platinas - Niveles de precisión - Papel y lápiz
<b>MECANIZADOS:</b>  Bases transmisiones  Ejes ruedas	Es importante verificar el asentamiento de la base donde van soportado las chumaceras del rodillo de rodaje ya que con la vibración del tambor rotativo se produce desgastes ocasionando daños graves en su interior.	8 horas	- Indicadores de carátulas - Llaves estrella y platinas - Niveles de precisión - Papel y lápiz
<b>MANTENIMIENTO:</b>  Cambio de rodamiento  Cambio o reparación de ruedas y soportes	Realizar mantenimiento preventivo ya que garantiza el buen funcionamiento de este equipo, logrando prevenir las incidencias antes de que estos ocurran. Las tareas de mantenimiento preventivo pueden incluir en acciones como cambio de piezas desgastadas, cambio de aceites, lubricantes, aseo, etc.	8 horas	- Indicadores de carátulas - Llaves estrella y platinas - Niveles de precisión - Papel y lápiz - Extractores de rodamiento

Fuente: Elaboración propia.

### 10.3 El proceso del azúcar

Según el diccionario, azúcar es una sustancia cristalina, generalmente blanca, muy soluble en agua y de sabor muy dulce, que se encuentra en el jugo de muchas plantas y se extrae especialmente de la caña dulce y de la remolacha; se emplea en alimentación como edulcorante nutritivo y generalmente se presenta en polvo de cristales pequeños.

Para la fabricación del azúcar se requiere de un proceso el cual es el mismo en todos los ingenios azucareros y consiste en primer lugar, recibir la caña donde se descarga con grúas y donde posteriormente se hace lo siguiente:

Según Wikipedia (2017):

### **10.3.1 Molienda.**

La caña es sometida a un proceso de preparación que consiste en romper las celdas de los tallos. Luego unas cintas transportadoras la conducen a los molinos, donde se realiza el proceso de extracción de la sacarosa.

El bagazo sale del último molino hacia las chimeneas, para usarlo como combustible, o al depósito de bagazo, de donde se despacha para usarlo como materia prima en la elaboración de papel.

### **10.3.2 Clarificación**

El jugo proveniente de los molinos, pasa al tanque, donde se rebaja su grado de acidez. El jugo alcalinizado se bombea a los calentadores, donde se eleva su temperatura hasta un nivel cercano al punto de ebullición. Luego antes de pasar a los clarificadores va a un tanque de flasheo abierto a la atmósfera, en el cual pierde entre 3 y 4 grados centígrados por acción de evaporación natural, también se cambia la velocidad del jugo de turbulento a laminar. En los clarificadores se sedimentan y decantan los sólidos. Los sólidos decantados pasan a los filtros rotatorios, trabajan con vacío y están recubiertos con finas mallas metálicas que dejan pasar el jugo, pero retienen la cachaza, que puede ser usada como abono en las plantaciones.

### **10.3.3 Evaporación**

Luego el jugo clarificado pasa a los evaporadores, que funcionan al vacío para facilitar la ebullición a menor temperatura. En este paso se le extrae el 75% del contenido de agua al jugo, para obtener el producto o meladura.

#### **10.3.4 Cristalización**

El cocimiento de la sacarosa que contiene el jarabe se lleva a cabo en tachos al vacío. Estos cocimientos, producirán azúcar crudo, azúcar blanco (para consumo directo) o azúcar para refinación. La cristalización del azúcar es un proceso demorado que industrialmente se aumenta introduciendo al tacho unos granos de polvillo de azúcar finamente molido.

#### **10.3.5 Centrifugación.**

Los cristales de azúcar se separan de la miel restante en las centrífugas. Estas son cilindros de malla muy fina que giran a gran velocidad. El líquido sale por la malla y los cristales quedan en el cilindro, luego se lava con agua. Las mieles vuelven a los tachos, o bien se utilizan como materia prima para la producción de alcohol etílico en la destilería. El azúcar de primera calidad retenido en las mallas de las centrífugas, se disuelve con agua caliente y se envía a la refinería, para continuar el proceso. Cabe resaltar que en este punto se obtiene lo que se llama azúcar rubio, debido al color de los cristales; a continuación se detalla el proceso mediante el cual el azúcar rubio se convierte en azúcar blanco o azúcar muy fino.

#### **10.3.6 Refinado**

Mediante la refinación, se eliminan los colorantes o materias inorgánicas que el licor pueda contener. El azúcar disuelto se trata con ácido y sacarato de calcio para formar un compuesto que arrastra las impurezas, las cuales se retiran fácilmente en el clasificador. El licor resultante se concentra, se cristaliza de nuevo en un tacho y se pasa a las centrífugas, para eliminar el jarabe.

### 10.3.7 Secado

El azúcar refinado se lava con condensadores de vapor, se seca con aire caliente, se clasifica según el tamaño del cristal y se almacena en silos para su posterior envasado.

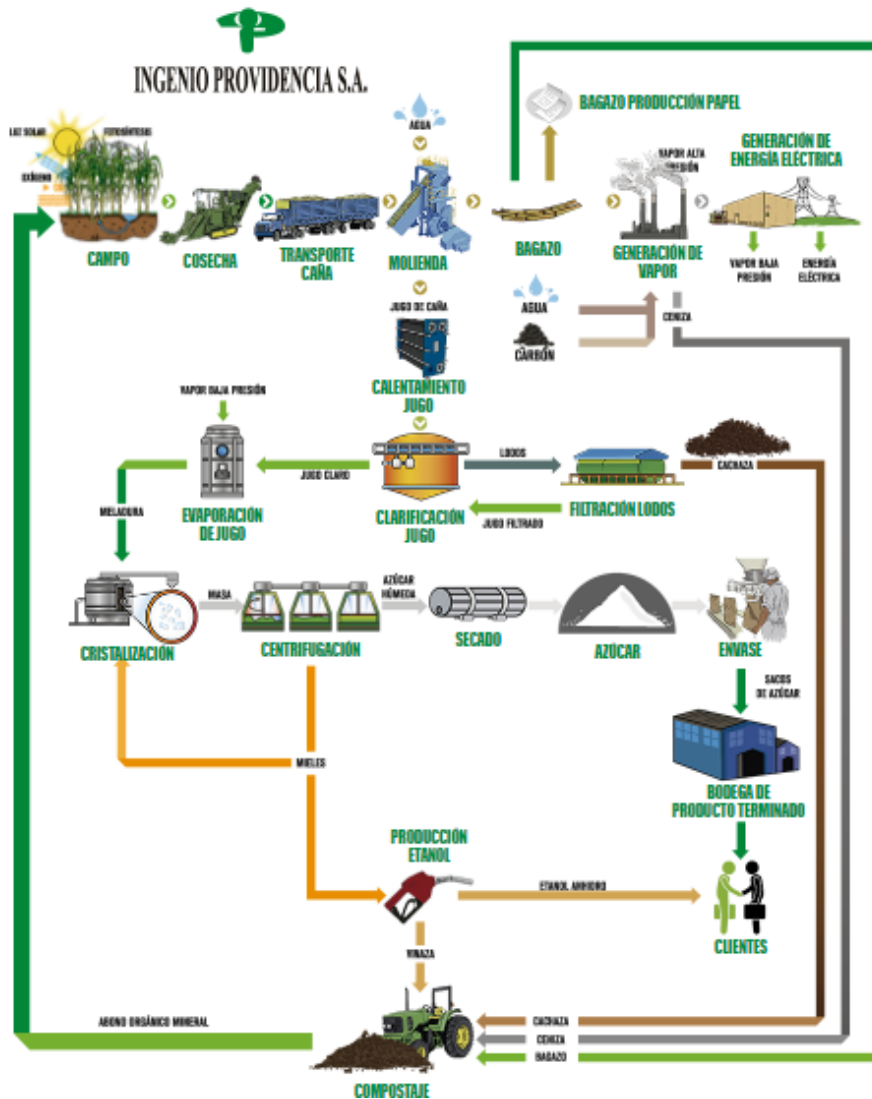


Figura 3 proceso industrial de la caña de azúcar para ser transformada en azúcar, alcohol y energía

Fuente: ingenio manuelita S.A.

#### 10.4 Proceso de secado del azúcar

En el proceso de secado se busca alcanzar niveles de humedad en el azúcar entre 0.2% para azúcar crudo y 0.03% para azúcares blancos, un contenido de humedad con un nivel apropiado para su manipulación y almacenamiento, la función de secado busca entonces reducir el contenido de humedad del azúcar hasta un valor lo bastante bajo para impedir el desarrollo de microorganismos que puedan ocasionar el deterioro del producto o en el peor de los casos, su pérdida (Torres Ch, s.f.).

El azúcar obtenido en la centrifuga presenta una humedad que varía del 0.5% al 1.0% y debe bajar aproximadamente a 0.035% a fin de que no se perjudique la conservación de los cristales de azúcar durante el almacenaje.

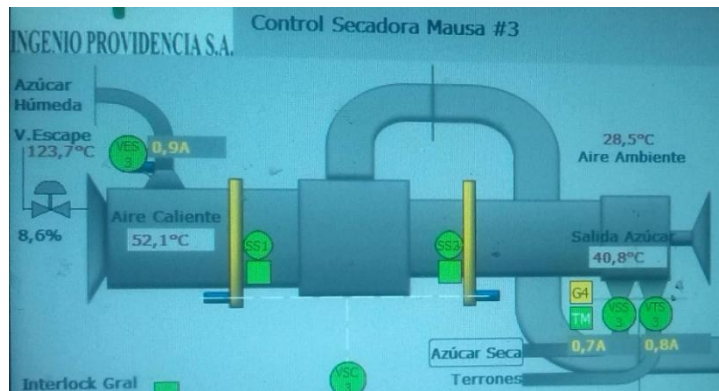
En el secado/enfriado, el secado se realiza con aire caliente, el cual se toma del ambiente, pasando por un proceso de filtrado y calentamiento por medio de radiadores de calor, este aire entra por un extremo del tambor giratorio, al lado opuesto está ubicada la entrada de aire frío el cual se toma del ambiente, pasa el proceso de filtrado independiente pero no se calienta, logrando de esta forma que el aire frío entre en contraflujo para evitar rompimiento de cristales por choque térmico. Al salir del secado/enfriado el azúcar tendrá una temperatura entre 30°C a 40°C, con lo cual se procede a almacenarla en silos y posteriormente a envase.

El proceso se realiza en máquinas secadoras. En un tambor secador en contracorriente se dan las condiciones óptimas para un secado efectivo de los cristales de azúcar húmedos que salen de las centrífugas. El secador de tambor combina de forma ideal el tratamiento mecánico de la superficie cristalina con una velocidad reducida de secado. Para influenciar el efecto de secado en el tambor secador existe la opción de insertar aire calentado adicional mediante un tubo

central en el secador. Se obtiene una excelente relación entre la energía introducida y la evaporación de agua. BMA Braunschweigische Maschinenbauanstalt AG,( 2016).

El funcionamiento de la maquina secadora - enfriadora en el proceso de secado del azúcar gira a 11.4 rpm, logra su movimiento giratorio gracias a la transmisión de movimiento que se entrega desde los reductores a las 4 ruedas motrices y estas a su vez transmiten el giro y la potencia hacia el tambor rotatorio que está equipado con 2 pistas de rodadura. Con el giro constante se presenta desgaste en dicha rueda como también en los rodamientos y motores y las actividades de mantenimiento o cambio de estas piezas requieren el izaje del tambor, para lo que se necesitaría contratación de grúa telescópica y contratación de mano de obra.

Figura 4 proceso de secado del azúcar

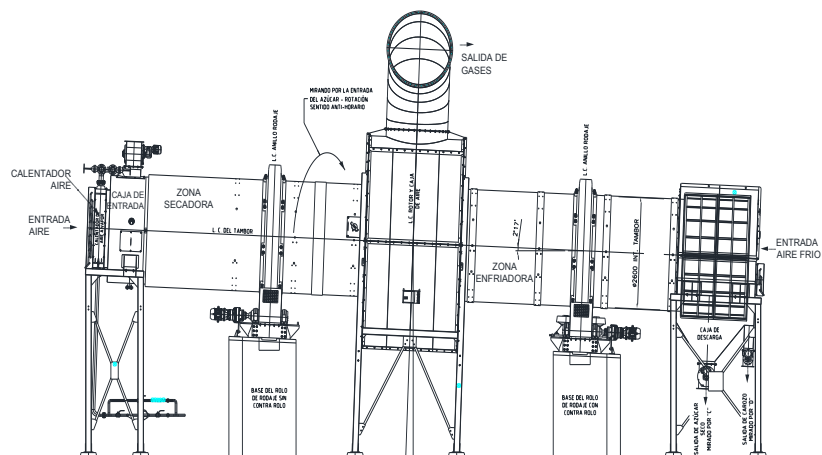


Fuente: Ingenio Providencia S.A

#### 10.4.1 Tambor rotativo

El tambor rotativo donde suceden las etapas de secado y enfriamiento del azúcar está compuesto básicamente de 4 partes:

*Figura 5. Tambor rotativo*



Fuente: Ingenio Providencia S.A.

**10.4.2 La zona secadora:** está compuesta de un cilindro construido en lámina de acero inoxidable 304 dentro del que se encuentra: un primer sector de láminas inclinadas responsables del rápido avance del azúcar que entra por la boquilla de alimentación, un segundo sector compuesto de paletas con perfiles principales para promover la des compactación del azúcar, y un tercer sector compuesto de colmenas que son responsables de la aspersión uniforme del azúcar evitando grandes caídas. Además, la zona secadora posee un anillo metálico denominado anillo de rodadura, fijado al tambor por tornillos que promueve el giro del tambor sobre los rodillos de rodamiento.

**Rotor central:** es una pieza compuesta de dos anillos planos laterales, hechos de chapas metálicas interconectados por paletas que interconectan la zona secadora y enfriadora, contiene tres raspadores con holgura de 30 mm en la caja de aire central.



**Zona enfriadora:** también como la zona secadora se compone de un costado cilíndrico, colmena y un anillo de rodamiento.

**Tamiz rotativo modular:** es un cilindro compuesto por un revestimiento en malla que se puede intercambiar de acuerdo al tamaño del cristal de azúcar requerido.

*Figuran 6 Rodillos de rodadura*



Fuente: Ingenio Providencia S.A.

Debido a la importancia de esta maquinaria en el proceso productivo del azúcar, es necesario optimizar los tiempos y costos en el mantenimiento de la misma, por lo tanto, se requiere utilizar una estrategia diferente a la de alquilar una grúa para realizar el procedimiento de mantenimiento, que facilite las actividades de reparación o cambio de piezas en el sitio logrando disminuir el tiempo empleado, los riesgos del personal y la contratación de maquinaria y personal especializado.

Este proyecto al buscar mejorar un proceso productivo en el Ingenio Providencia S.A. concierne con los lineamientos que la gestión del conocimiento persigue como es el contribuir con innovación a la solución de problemas utilizando el conocimiento como herramienta.

El conocimiento se ha convertido en uno de los activos más importantes para las organizaciones a causa de que su gestión añade valor a los productos o servicios que ésta produce, permite el desarrollo de tecnologías, metodologías y estrategias, lo que facilita su inserción y consolidación en el mercado. Por lo tanto el capital intelectual aumenta de forma significativa la generación de ventajas competitivas.

### **10.5 Riesgos laborales**

Se entiende como riesgo laboral a los peligros existentes en una profesión y tarea profesional concreta, así como en el entorno o lugar de trabajo, susceptibles de originar accidentes o cualquier tipo de siniestros que puedan provocar algún daño o problema de salud tanto físico como psicológico. La mejor forma de evitar los riesgos laborales es a través de su prevención mediante la implementación de un Sistema de Gestión y Seguridad en el Trabajo, cuyos requisitos se encuentran establecidos por la norma OHSAS 18001.

La seguridad es un tema que ha preocupado a las entidades encargadas de velar por el bienestar de los empleados. Debido al gran número de accidentalidad que se venía presentando en el sector obrero, y los inconvenientes jurídicos y económicos que debían enfrentar las empresas, todo esto debido a la falta de prevención de los diferentes sectores.

También, la evasión del pago de la seguridad social a los empleados fue otro gran inconveniente para el sector obrero, pues muchas empresas optaban por no cumplir este derecho,

siendo los empleados los más perjudicados, debido a que si se llegaban a accidentar quedaban desprotegidos afectando la calidad de vida de los trabajadores.

Debido a estas problemáticas con respecto a la seguridad social de los trabajadores, se reglamentó por medio de la ley 1072 del 2015 todo lo concerniente al sector del trabajo, de esta manera se puso orden a los derechos y deberes del sector empleador y el sector obrero, trayendo consigo mejoras a nivel económico y social en el país.

Esa ley atribuye responsabilidades tanto a los empleadores como a los empleados, así lo especifica el artículo 2.2.4.6.8: “En la empresa, el empleador tendrá entre otras, las siguientes obligaciones: divulgar políticas de seguridad y salud, debe asignar recursos financieros, técnicos y el personal necesario para el diseño, implementación, revisión evaluación y mejora de las medidas de prevención”. Entre otros.

El artículo 2.2.4.6.11 especifica lo siguiente:

Los trabajadores, de conformidad con la normatividad vigente tendrán entre otras, las siguientes responsabilidades:

1. Procurar el cuidado integral de su salud;
2. Suministrar información clara, veraz y completa sobre su estado de salud;
3. Cumplir las normas, reglamentos e instrucciones del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo de la empresa;
4. Informar oportunamente al empleador o contratante acerca de los peligros y riesgos latentes en su sitio de trabajo;

5. Participar en las actividades de capacitación en seguridad y salud en el trabajo definido en el plan de capacitación del SG-SST;

6. Participar y contribuir al cumplimiento de los objetivos del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo SG-SST.

La implementación de esta ley favorece notablemente las condiciones de trabajo de los empleados, pues es una forma de garantizar los derechos de seguridad de todos aquellos que contribuyen a con el desarrollo económico y social del país.

### 10.5.1 Factores de riesgo

Según la identificación de peligros del ingenio providencia S.A son los siguientes:

*Tabla 2 factores de riesgos*

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DEL RIESGO EN MANTENIMIENTO ANTERIOR	EFFECTOS POSIBLES
<b>Biomecánica</b>	Posición prolongada de pie y caminando	Lumbagos, alteraciones de la circulación sanguínea en miembros inferiores
	Manipulación manual de cargas, con desplazamiento	Osteomusculares articulares, fatiga física
<b>Condición de seguridad</b>	Mecánico (manipulación de herramienta manual)	Contusiones, heridas, fracturas
	Mecánico (caída de elementos o herramientas)	Heridas, golpes
	Mecánico (manejo equipo para izar cargas)	Golpes, heridas y fracturas
	Mecánico (proyección de sólidos y líquidos ) partículas incandescentes o frías, material articulado polvo, lubricantes)	Trauma ocular, heridas, quemaduras
	Mecánico (mecanismos en movimiento)	Golpes, heridas, amputaciones y fracturas
	Trabajo en altura	Caídas, heridas traumas de variada severidad
	Locativo (superficies, pisos, transito por escaleras)	Caídas, politraumatismos, fracturas
	Locativo (líneas eléctricas, mangueras oxicorte en el piso, líneas neumáticas, residuos, piezas y materiales)	Caídas, traumas de variada severidad

	Eléctrico baja tensión (extensiones / Instalaciones eléctricas, tableros de control )	Quemaduras
	Manipulación de herramientas manuales	Golpes, heridas y fracturas
	Almacenamiento (herramientas, materiales y equipos)	Golpes, fracturas y heridas.
	Tecnológico (incendio por manejo de gases industriales y sustancias combustibles, corto circuito, vapores, Gasolina)	Quemaduras, traumas de variada severidad
<b>Físico</b>	Ruido (motores encendidos de maquinaria pesada, martilleo, cuarto de Casa bombas)	Agotamiento auditivo, estrés,
	Calor ambiental, Calor por arco de soldadura	Estrés calórico, fatiga física
	Radiación no ionizante ( sol)	Afecciones en la piel, daños en retina.
	Radiación no ionizante (chispas y destellos de soldadura).	Traumas oculares, deslumbramiento, lesiones en piel
<b>Psicosocial</b>	Jornada de trabajo (Horas extras) Relaciones Humanas - Interpersonales	Stress
<b>Químico</b>	Líquidos (manejo de Aceites)	Irritación piel y ojos, Irregularidad de sistema nerviosos, Afecciones respiratoria, dermatitis
	Humos de monóxido de carbono	Irritación vías aéreas, trastornos respiratorios
	Polvo (material articulado), esmerilado, pulido, ceniza, carbón	Irritación vías aéreas, trastornos respiratorios, traumas oculares
	Humos metálicos (operaciones de soldadura)	Afecciones pulmonares, bronquitis crónica
<b>Biológico</b>	Picaduras (Insectos)	Heridas, alergias, shock anafiláctico, muerte
<b>Fenómeno natural</b>	Vendaval, lluvias	Quemadura, Muerte
<b>Fenómeno natural</b>	Sismo	Politraumatismo, heridas, muertes

## Metodología

Este proyecto de investigación es de tipo aplicado, que según McMillan J, (2005) se centra en un campo de práctica habitual y se preocupa por el desarrollo y aplicación del conocimiento relevante para dar solución a un problema general (p.23). En este caso se aplicó el conocimiento en la construcción de un sistema de izaje para mejorar el proceso de mantenimiento de la máquina “secadora-enfriadora”, que se emplea actualmente en el proceso de secado del azúcar en el ingenio providencia S.A., ubicado en cerrito – valle del cauca, y de esta forma reducir los riesgos laborales, los tiempos de arranque de la máquina y costos que se emplean en el proceso de mantenimiento.

Para lograr este objetivo fue necesario hacer uso de herramientas de recolección de datos como la observación interactiva, la observación de campo, la entrevista en profundidad, las cuales nos permitieron recopilar información importante sobre la situación económica y los riesgos laborales a los que eran expuestos el personal dedicados al mantenimiento de la maquina secadora-enfriadora, y finalmente la construcción y puesta en funcionamiento del sistema de izaje, que logro resultados positivos para la empresa y el personal encargado de mantenimiento .

El área de estudio es de suma importancia ya que allí es donde se desarrolla la actividad final del procesamiento del azúcar. Esta área es de suma importancia ya que si el azúcar no pasa por este proceso al enfriarse se solidifica y queda en terrones y por causa de la humedad se pueden formar bacterias que pueden perjudicar gravemente al consumidor.

Debido a esto es muy importante como empleados emprendedores desarrollar mecanismos que facilite el proceso de producción y productividad de la empresa y mejorar la eficiencia en los procesos de mantenimiento.

Para el diseño y montaje del sistema de izado del tambor secadora-enfriadora, se llevó a cabo el siguiente proceso:

1. Se realizarán visitas al área donde se encuentra ubicado el tambor de la secadora-enfriadora, con el fin de obtener información técnica sobre la práctica actual para realizar el mantenimiento
2. Se hará un análisis de las actividades que actualmente se realizan para el mantenimiento del equipo, identificando los riesgos laborales, tiempos que se emplean en las actividades, uso de maquinaria, costos y demás recursos necesarios para la ejecución de dicha labor.
3. Se analizará la información mediante el uso de una tabla con los datos más relevantes sobre el actual mantenimiento, incluyendo todos los costos en equipos, mano de obra y demás recursos utilizados.
4. Posteriormente se llevará a cabo la elaboración de prototipos sobre planos, del sistema de izaje para el tambor de la secadora-enfriadora.
5. Con el apoyo del personal de Ingeniería de la Planta, se realizarán los cálculos estructurales, según el diseño propuesto.
6. Una vez realizado los cálculos estructurales y elaborados los planos constructivos, se procede a efectuar el respectivo listado de equipos y materiales necesarios para el montaje.
7. De acuerdo a los resultados obtenidos en el ítem anterior sobre los listados de equipos y materiales requeridos según el diseño propuesto, se procede a realizar la evaluación económica para validar si el proyecto es viable y así proceder a su construcción.
8. En caso de ser viable económicamente el proyecto, se procede a su construcción y montaje, el cual se realizará con personal propio del Ingenio.

9. Se realizarán las pruebas técnicas del sistema y posteriormente se elaborará la documentación del nuevo procedimiento.

## 11 Cronograma de actividades

Tabla 3 cronograma de actividades

<b>CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES</b>									
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>enero</b>	<b>febrero</b>	<b>marzo</b>	<b>abril</b>	<b>mayo</b>	<b>junio</b>	<b>julio</b>	<b>agosto</b>	
Visita al Área.	■	■	■	■	■	■	■	■	
Análisis del proceso de mantenimiento del tambor secadora-enfriadora:	■								
Levantar información, establecer actividades, riesgos laborales, tiempos y costos en el proceso de mantenimiento.	■	■							
Diseñar la estructura del sistema para izar el tambor secadora-enfriadora:		■	■						
Diseño en computador, cálculos y medidas.			■	■					
Requerimiento de los materiales para montar el sistema.			■	■					
Montaje del sistema para izar el tambor secadora-enfriadora:				■	■				
Prueba ensayo del sistema					■	■			
Análisis de beneficios con el diseño del sistema de izado del tambor.						■	■		
Sustentación proyecto							■		



## 12 Resultados

### 13.1 Diseño del sistema de izaje

Al realizar visitas de campo a la planta productiva y analizar el estado actual del proceso de mantenimiento, se plantea que la situación identificada se puede solucionar mediante el diseño, construcción, y montaje de un dispositivo que permita izar la máquina secadora – enfriadora para hacer el cambio o mantenimiento de las partes móviles. Al tratarse de elementos de gran tamaño y peso se debe establecer un protocolo de izaje, esto quiere decir que se define en el diseño del equipo como se debe izar este tipo de elementos, teniendo en cuenta que se trata de un elemento cilíndrico se estableció que la forma más eficiente de realizar el izaje sería enganche tipo cesta por lo cual se observó atentamente como se realizó el montaje para así utilizar la misma área de sujeción para el izaje en las labores de mantenimiento.

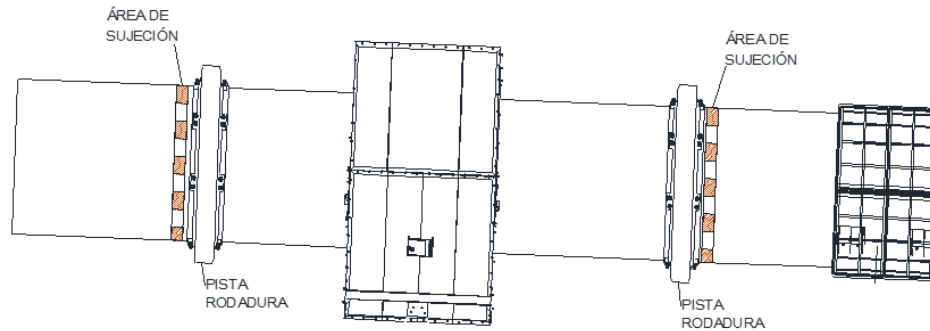
*Figura 7 Montaje tambor secadora-enfriadora*



Fuente: Ingenio Providencia S.A.

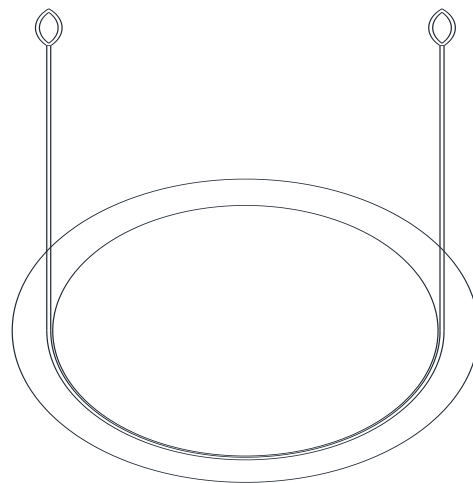
Como se observa en la imagen el izaje para el momento del montaje del tambor rotatorio se realizó con eslingas de nylon poliéster, cada una de 6" lo cual permite una capacidad de carga de 16.30 Kg cada una en enganche de cesta.

*Figura 8. Áreas de sujeción*



Fuente: Ingenio Providencia S.A.

*Figura 9. Enganche tipo cesta*



**ENGANCHE TIPO CESTA**

Fuente: Ingenio Providencia S.A.

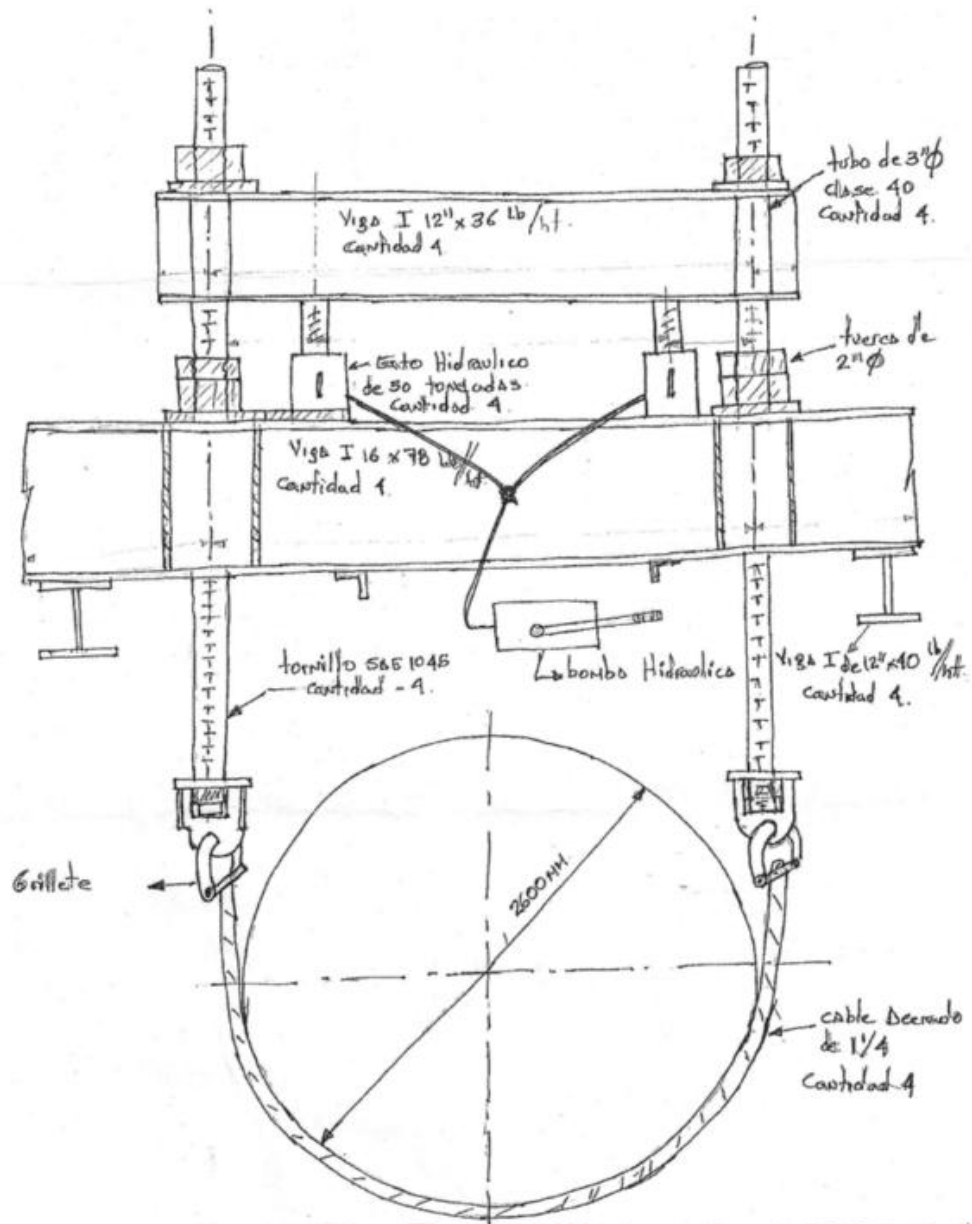
En sitio se definieron propuestas las cuales fueron plasmadas en papel, en donde se analizaba los puntos de anclaje a la estructura existente y se proponían materiales.

Para la generación de las propuestas se analizó los diferentes métodos para el izaje de cargas en el ingenio, se observó el izaje con grúa, el izaje con puente grúa, y se observó que la disipación de las vigas de este último se podría utilizar en este caso, ya que por el tamaño y geometría de la secadora lo más conveniente era usar vigas que se comportaran como puente desde las cuales se pudiera sujetar la secadora para el izaje.

También se observó que en algunas áreas se utilizan cilindros hidráulicos cuando se requiere levantar ejes, y una combinación de esta técnica combinada con vigas tipo puente podría dar solución al problema del izaje

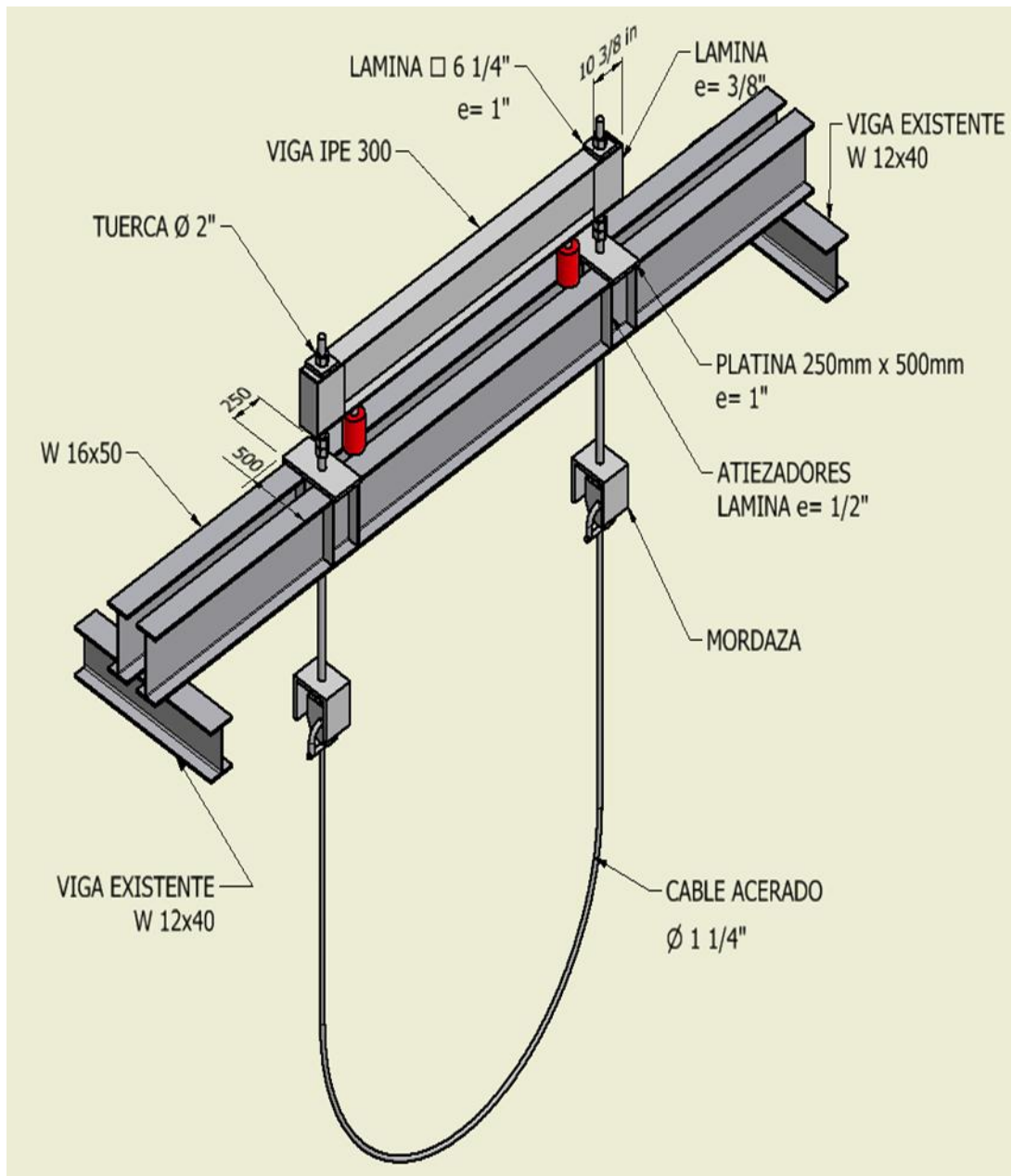
Una vez definido el sitio a realizar el diseño se procedió a realizar los planos de fabricación para el elemento de izaje

Figura 10 dibujo del sistema de izaje



Fuente: elaboración propia

Figura 11 Plano del sistema de izaje



Fuente: elaboración propia

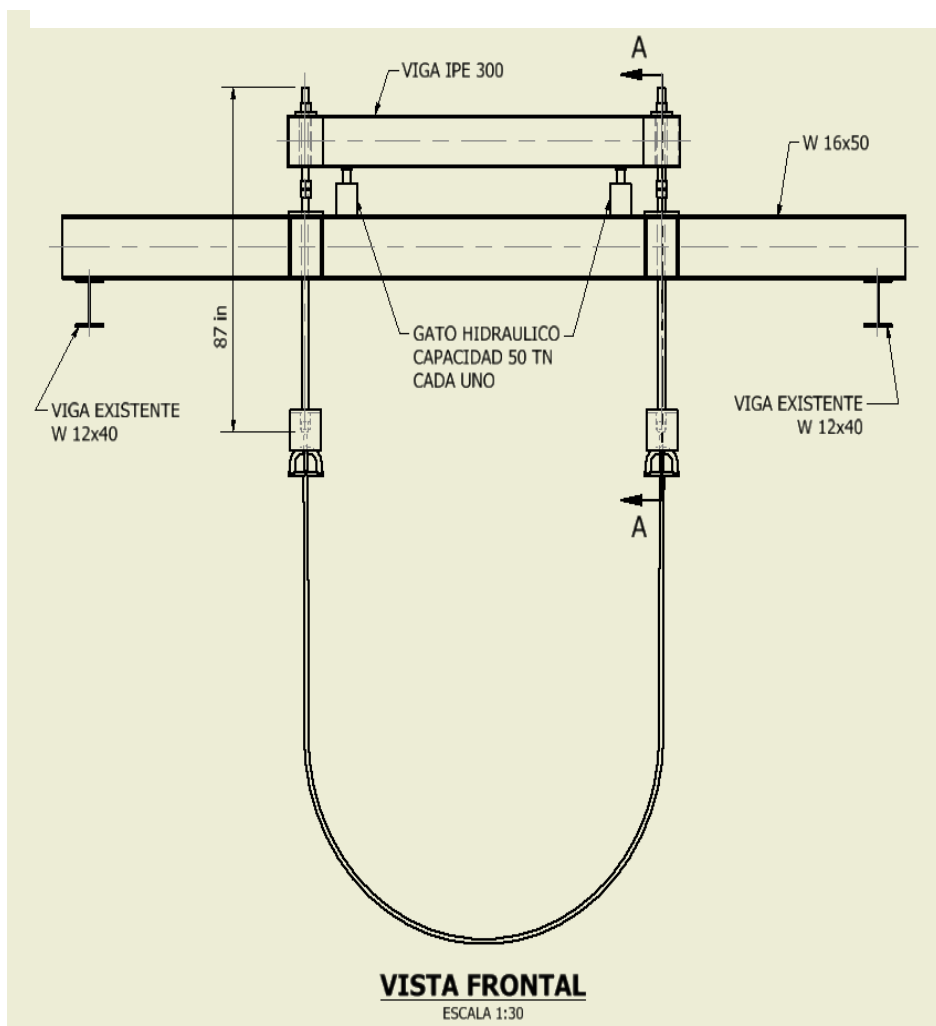
Como la secadora se debe izar de dos puntos se requiere construir dos sistemas por lo cual se consideró utilizar los siguientes materiales en cada uno de ellos:

*Tabla 4. Materiales para la construcción del sistema de izaje*

<b>Descripción Material</b>	<b>Cantidad</b>
Viga W 16 x 50	Dos piezas de 6 mts
Viga IPE 300	Una pieza de 3 mts
Barra roscada sae 1045 Ø2"	Dos piezas de 2.1 mts
Tuerca Ø 2"	10
Arandela Ø 2"	10
Lamina ASTM A-36 1"	1 Pieza 8' x 4'
Lamina ASTM A-36 1/2"	1 Pieza 8' x 4'
Lamina ASTM A-36 3/8"	1 Pieza 8' x 4'
Cable acerado Ø 1 1/4"	Una pieza 8 mts
Cilindros hidráulicos 50 toneladas	Dos cilindros

Fuente: Elaboración propia

Figura 12. Vista frontal del sistema de izaje



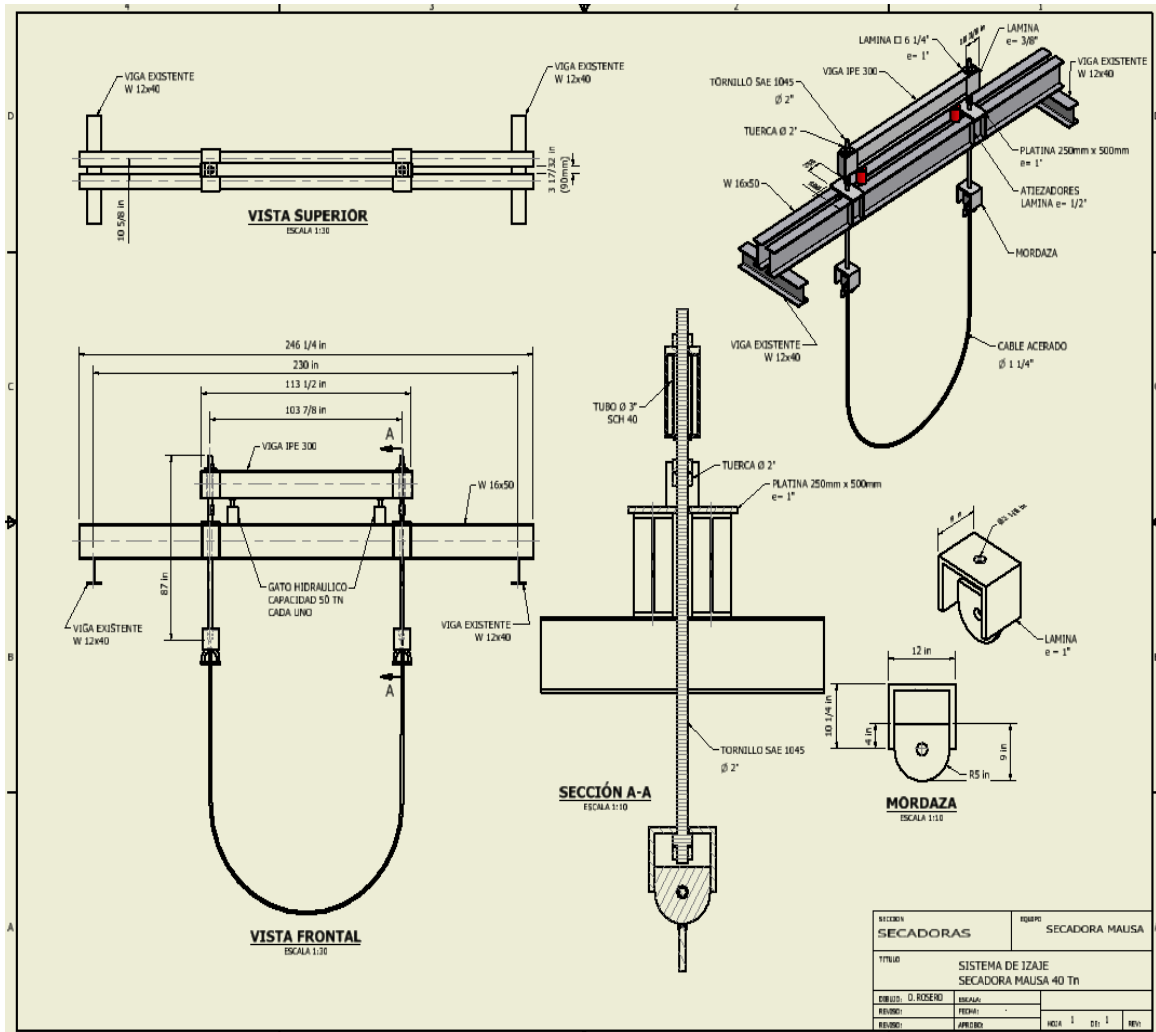
Fuente: Ingenio Providencia S.A.

Como se observa en la imagen las vigas W 16x50 se instalarán sobre vigas existentes para funcionar como puente en donde se instalará las barras roscadas de  $\text{Ø } 2''$  que se enganchan al cable acerado que es el que finalmente va a generar el enganche tipo cesta para realizar el izaje.

Sobre las vigas W 16x20 se instalará dos cilindros hidráulicos con capacidad de 50 Tn cada uno, los cuales al ser accionados levantarán la viga IPE 300 que levantarán las barras

roscadas que realizan el izaje del tambor de la secadora- enfriadora, es de anotar que la viga IPE 300 se le realizaron refuerzos para que soporte las barras roscadas, esta información se puede observar en el plano de fabricación.

*Figura 13 Sistema de izaje*

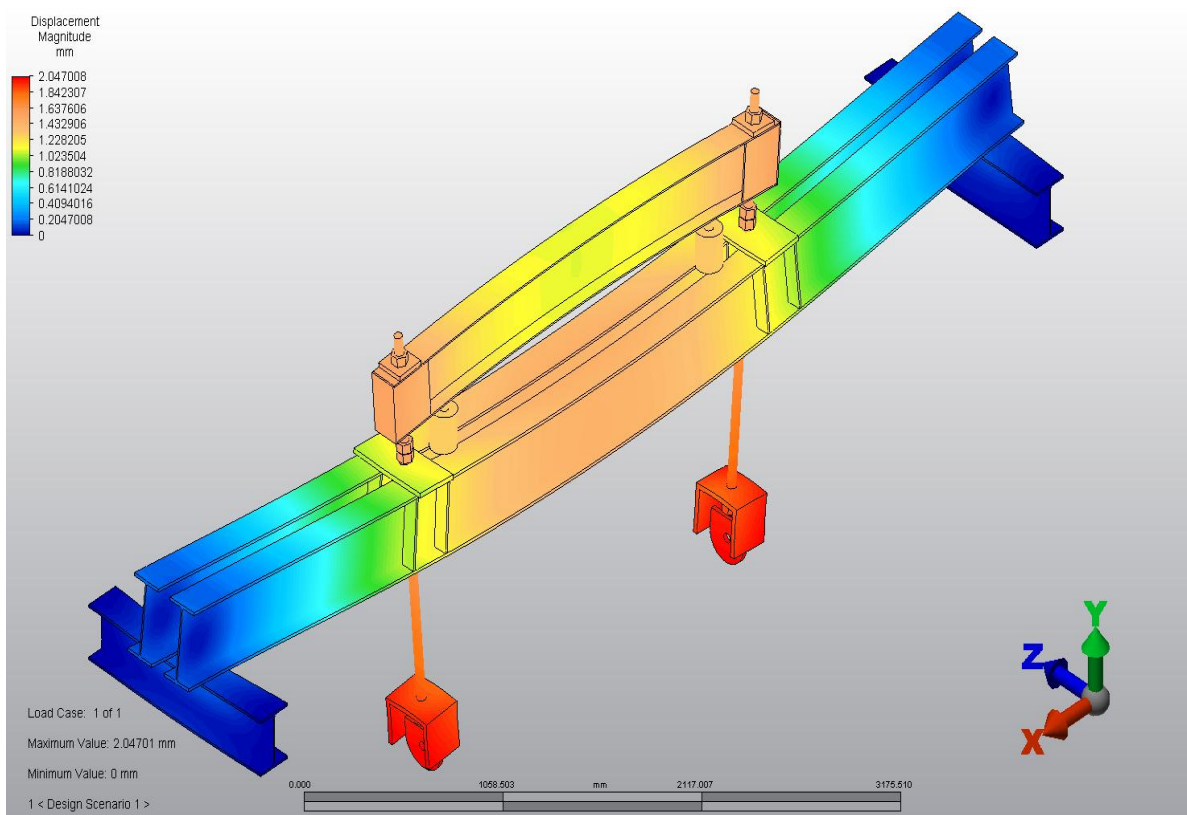


Fuente: Ingenio Providencia S.A.

Para evaluar el sistema diseñado se decidió hacer un análisis de elementos finitos como se muestra en la siguiente figura:



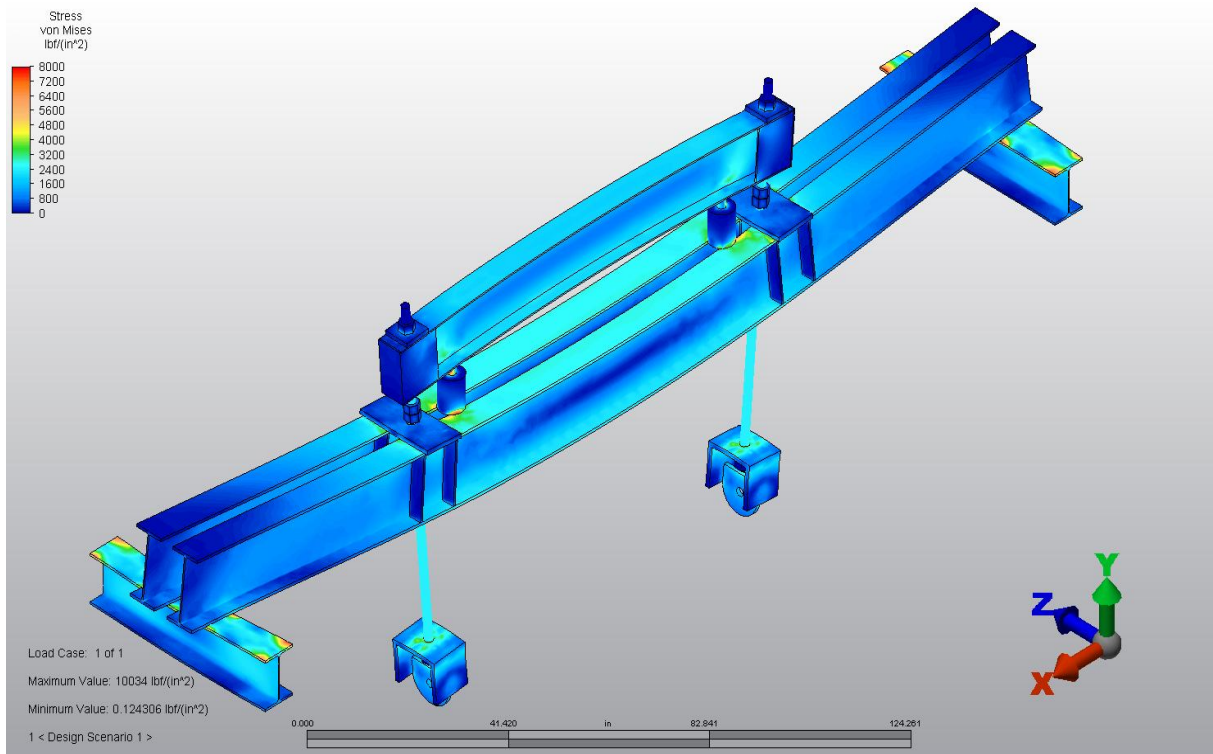
Figuran 14 Análisis de esfuerzos y deflexión por el método de elementos finitos



Fuente: Ingenio providencia S.A.

Se observa que el sistema de izaje sufre una deflexión de 2.04 mm con la carga máxima a soportar, teniendo en cuenta el parámetro de  $L/500$  para una viga de longitud de 6254mm la deflexión máxima debería ser de 12.5mm por tanto se puede determinar mediante este análisis que las vigas que soportan todo el sistema de izaje se encuentran dentro del rango de deflexión admisible.

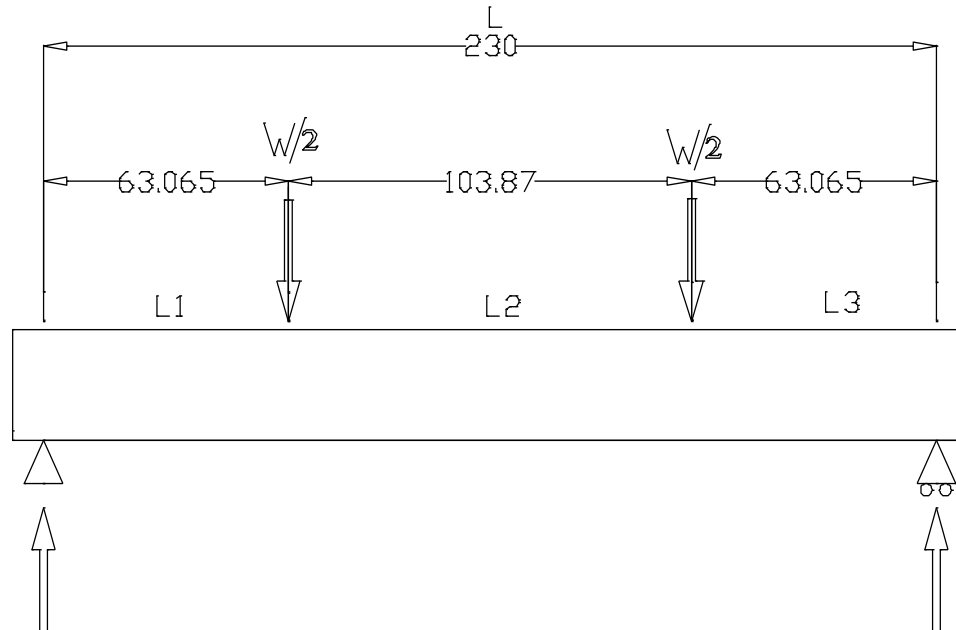
Figura 15 Estado de esfuerzos



Fuente: Ingenio Providencia S.A.

Los materiales usados son ASTM A-36 que tienen una resistencia de 36.000 Lbf(in<sup>2</sup>), para este elemento que es estático nos arroja un resultado de máximo 8000 Lbf(in<sup>2</sup>) en pequeños puntos por lo que podemos definir que el diseño está dentro del rango de resistencia de los materiales.

Figura 16 cálculos de las resistencias de las vigas para el sistema de izaje



Fuente: Ingenio Providencia S.A.

$$\delta \text{ máx} = \frac{W/2 \times L1}{24EI} \left( 3L^2 - 4L^2_1 \right)$$

$$W = 40000 \text{ kg}$$

$$E = 210000 \text{ MN}/m^2 \longrightarrow \text{módulo de elasticidad}$$

$$I = 659 \text{ In}^4 = 0,000274 \text{ m}^4 \longrightarrow \text{viga w 16.50}$$

$$L = 5,842 \text{ m.}$$

$$L_1 = 1,6\text{m.}$$

$$\delta \text{ máx} = \frac{W/2 \times L1}{24EI} \left( 3L^2 - 4L^2_1 \right) =$$

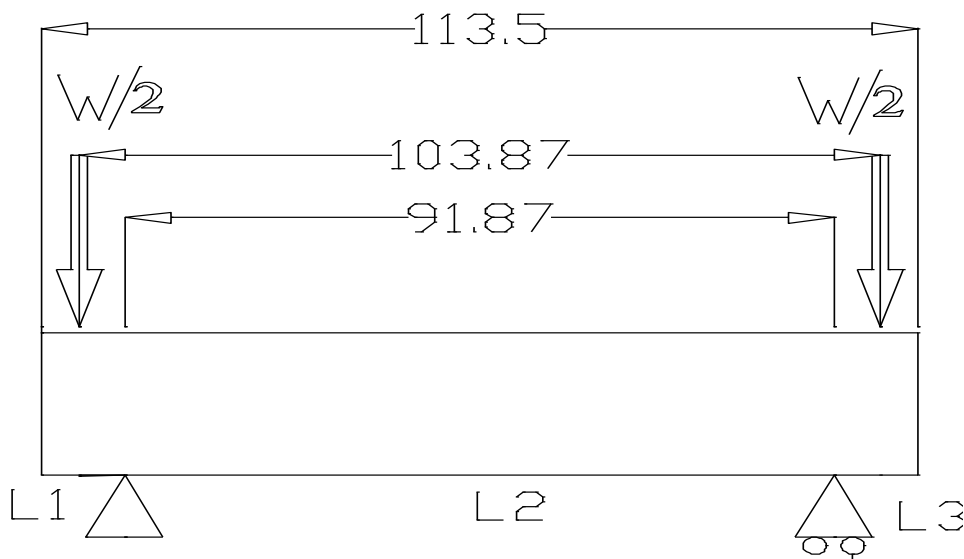
$$\frac{20000 \times 1,6}{24 \times 0,000274 \times 210000, 10} \sqrt{3(5,842)^2 - 4(1,6)^2}$$

$$\delta \text{ máx} = 0,0021\text{m} = 2,13\text{mm}$$

$$\delta \text{ máx permisible} = \frac{L}{500} = \frac{5,842}{500} = 0,0116\text{m} = 11,6\text{mm}$$

$$\delta \text{ máx} = 0,0021\text{m} < \delta \text{ máx permisible} = 0,0116\text{m}.$$

Figura 17 cálculos de resistencia de vigas



Fuente: Ingenio Providencia S.A.

$$\delta \text{ máx} = \frac{W/2 \times L1}{24EI} \left( 3L^2 - 4L^21 \right) =$$

$$W = 40000 \text{ kg}$$

$E = 210000 \text{ MN}/m^2 \longrightarrow$  módulo de elasticidad

$I = 8360 \text{ cm}^4 = 0,000083 \text{ m}^4 \longrightarrow$  viga IPE 300

$L = 2,63 \text{ m}.$

$L1 = 1,6\text{m}.$

$$\delta \text{ máx} = \frac{W/2 \times L1}{24EI} \left( 3L^2 - 4L^2_1 \right) =$$

$$\frac{20000 \times 0,16}{24 \times 210000, 10^6 \cdot 0,000083} \left( 3(2,63)^2 - 4(0,16)^2 \right)$$

$\delta \text{ máx} = 0,157\text{mm}$

$$\delta \text{ máx permisible} = \frac{L}{500} = \frac{2,63}{500} = 0,0052\text{m}$$

$\delta \text{ máx} = 0,157\text{mm} < \delta \text{ máx permisible} = 5,2\text{mm}.$

### **Resistencia de los cables de acero para el sistema de izaje.**

El cable de acero que se utilizó para el sistema de izaje de la secadora MAUSA, es de 1 ¼ de pulgada, y se consideró el factor o coeficiente de seguridad.

**Factor o coeficiente de seguridad:** es el coeficiente entre la resistencia a la ruptura del cable y la carga segura de trabajo o recomendable. (Hugo, 2014)

$$\text{Factor de seguridad} = \frac{\text{Resistencia a la ruptura}}{\text{Carga segura de trabajo}}$$

Para los cables de manejos de cargas, el factor de seguridad mínimo aceptable es 5. La carga máxima de trabajo se calcula como sigue:

$$\begin{aligned} \text{Carga máxima segura de trabajo} &= \frac{\text{Esfuerzo de ruptura del cable}}{\text{Factor de seguridad}} \\ &= \frac{\text{Esfuerzo de ruptura}}{5} \end{aligned}$$

Ejemplo:

Si un catálogo de cables señala que el esfuerzo de ruptura de un cable es de 10 toneladas, la carga máxima segura de trabajo es:

$$\text{Carga máxima segura de trabajo} = \frac{10 \text{ toneladas}}{5} = 2 \text{ toneladas}$$

El factor de seguridad se aplica por:

- ✓ Capacidad reducida del cable bajo esfuerzos de ruptura debido al desgaste, fatiga, corrosión, abuso y variaciones de medida (largo del cable) y calidad.
- ✓ Accesorios terminales, uniones, las cuales no son resistentes como el cable.
- ✓ Cargas extras impuestas por aceleración e inercia (partida, detenimiento { bamboleo u oscilación y sacudidas de la carga).
- ✓ Inexactitud en el peso de la carga.
- ✓ Inexactitud en el peso del aparejo.
- ✓ Fuerza o resistencia reducida en el cable debido a su paso por las poleas.

*Tabla 5 Resistencia de cables de acero*

		6x19		6x19	
		ALMA DE ARADO	FIBRA ACERO MEJORADO	ALMA DE ACERO MEJORADO	ACERO ARADO
DIAMETRO	Peso Aprox. en	Resistencia a la ruptura	Peso Aprox. En	Resistencia a la ruptura	
mm.	pulg.	Kgs. Por metro	en toneladas Efectiva	Kgs. Por metro	en toneladas Efectiva
3.18	1/8"	0.040	0.63	0.040	0.69
4.76	3/16"	0.080	1.4	0.100	1.43
6.35	1/4"	0.150	2.4	0.170	2.74
7.94	5/16"	0.240	3.86	0.280	4.25
9.53	3/8"	0.360	5.53	0.390	6.08
11.11	7/16"	0.460	7.50	0.510	8.25
12.70	1/2"	0.620	9.71	0.690	10.68
14.30	9/16"	0.790	12.2	0.870	13.48
15.90	5/8"	0.980	15.1	1.080	16.67

19.05	3/4"	1.400	21.6	1.540	23.75
22.23	7/8"	1.900	29.2	2.100	32.13
25.40	1"	2.480	37.9	2.750	41.71
28.60	1-1/8"	3.120	47.7	3.470	52.49
31.75	1-1/4"	3.760	58.6	4.200	64.47
34.93	1-3/8"	4.550	70.5	5.150	77.54
38.10	1-1/2"	5.430	83.5	6.200	91.80
41.27	1-5/8"	6.370	97.1	7.140	106.77
44.45	1-3/4"	7.380	112.0	8.300	123.74
47.62	1-7/8"	8.480	128.0	9.520	140.70
50.80	2"	9.640	145.0	10.820	159.66

Fuente: (CABLECENTRO SAC, s.f.)

Construcciones:

6 x 19 (9/9/1) SEALE

6 x 19 (12/6/6/1) FILLER

6 x 19 (12/6/1) – 2 OPERACIONES

6 x 16 (10/5/5/1) FILLER

Se utilizó 4 cables de 1 ¼ con alma de acero con una resistencia a la ruptura de 64.47

$$\text{Carga máxima segura de trabajo} = \frac{64.47 \text{ toneladas}}{5} = 12,894 \text{ toneladas}$$

$$12,894 \text{ ton.} \cdot 4 = 51,576$$

Carga máxima segura de trabajo es de 51.5 toneladas.

Peso de la secadora = 40 toneladas.

Al tener el diseño definido y los análisis definitivos se procede a general los listados de materiales y recursos para la construcción. Para la adquisición de los materiales y consumibles se



generan listados de lo que se requiere y se realiza la solicitud de material con el departamento de logística y suministros a los cuales se les entregan las especificaciones.

### 13.1.1 Costos de diseño e implementación del Proyecto

Tabla 6 Recursos

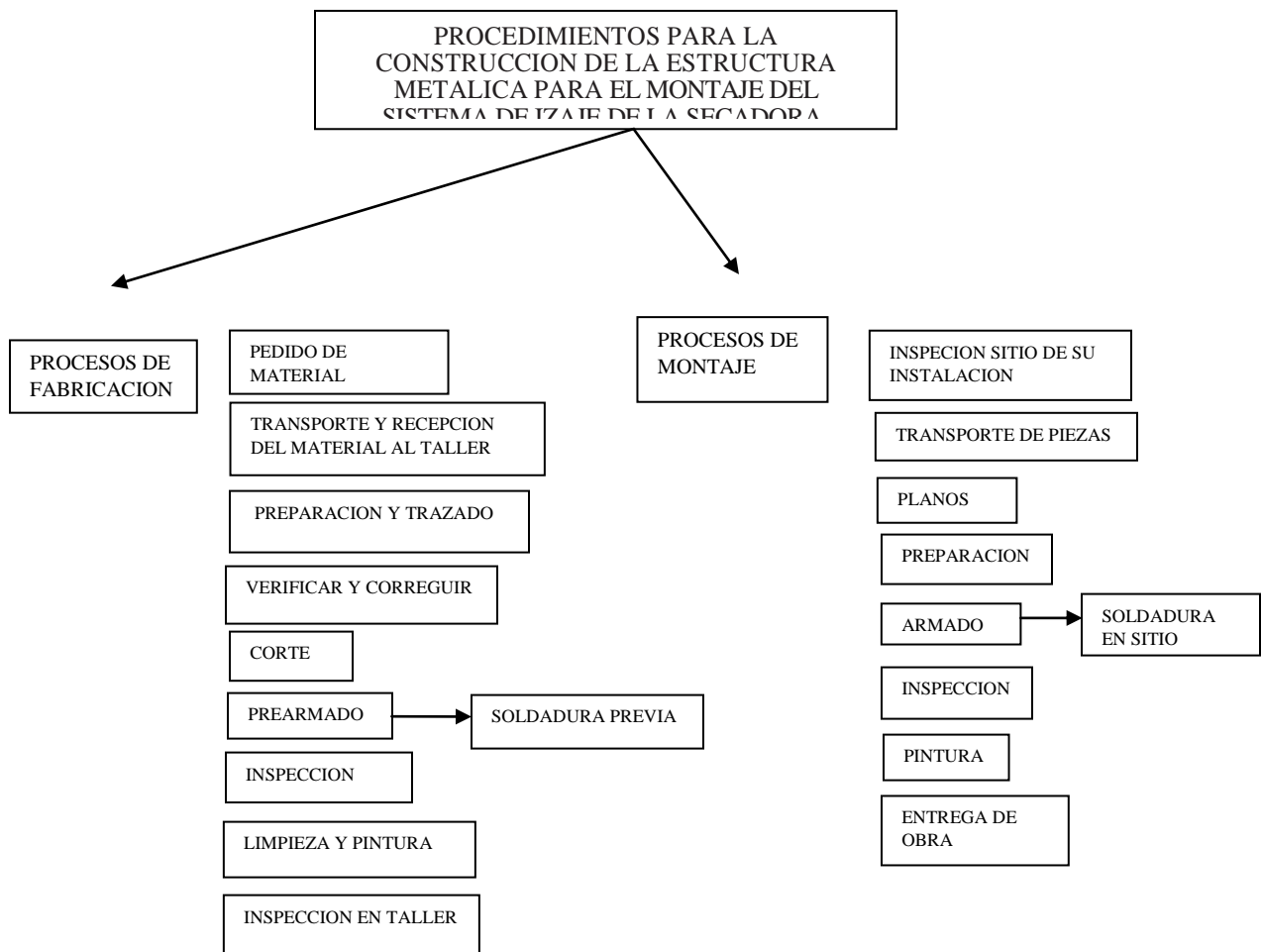
Recurso	Descripción			Precio total
<b>Equipo Humano</b>	Tutor de la tesis			0
	Estudiantes			0
	Ingeniero mecánico (personal propio de planta)			0
	Dibujante industrial (personal propio de planta)			0
<b>Alquile computador</b>	*Computador personal (paquete de office y AutoCAD)			0
	*Servicio de plotter			0
<b>Total diseño y planeación</b>				<b>0</b>
<b>Materiales y suministros</b>	<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario</b>	
			\$	\$ 22.500.000,00
	Cilindro hidráulico 50 ton	4	5.625.000,00	\$
			\$	\$ 6.600.000,00
	Bomba manual 10000 psi	2	3.300.000,00	
	Cable acerado de 1 ¼"	2	\$ 851.000,00	\$ 1.702.000,00
	Viga IP 180*400*6mts	4	\$ 616.000,00	\$ 2.464.000,00
	Viga IP 180*300*6mts	2	\$ 393.000,00	\$ 786.000,00
	Barra redonda de 2" *6 mts	2	\$ 150.000,00	\$ 300.000,00
	Soldadura 7018 de 1/8	40 kilos	\$ 12.000,00	\$ 480.000,00
	Soldadura 6010 de 1/8	40 kilos	\$ 12.000,00	\$ 480.000,00
			\$	\$ 2.600.000,00
	Equipo de oxicorte	2	1.300.000,00	\$
			\$	\$ 11.944.000,00
	Diferencial de 5 t/n	4	2.986.000,00	
	Discos de corte de 7"	40	\$ 2.877,00	\$ 115.080,00
	Discos de pulir de 7"	40	\$ 3.300,00	\$ 132.000,00
	Pintura anticorrosiva	4	\$ 35.000,00	\$ 140.000,00
			\$	\$ 10.000.000,00
	Equipo de seguridad	4	2.500.000,00	
	Lamina ac a ASTM - A 36 de 1/2" 8*4	1 (600kG)	\$ 500.000,00	\$ 500.000,00
	Resma de papel	1	\$ 9.000,00	\$ 9.000,00
	Lapiceros	2	\$ 5.000,00	\$ 5.000,00
Fotocopias			\$ 3.000,00	
<b>Total Materiales</b>				<b>\$ 60.760.080,00</b>
<b>Montaje</b>	<b>Item</b>	<b>Peso (Kg)</b>	<b>Precio unitario</b>	
	Fabricación y alistamiento	2.289.00	\$ 2.680.00	\$ 6.134.520.00

<b>estructura metálica.</b>	Montaje del sistema	2289.00	\$ 2.680.00	\$ 6.134.520.00
<b>Total Montaje estructura</b>				<b>\$ 12.269.040.00</b>
<b>Total Montaje del sistema</b>				<b>\$ 73.029.120.00</b>

\*Suministrados por el ingenio providencia

### Montaje del Sistema de Izaje

Figuran 18 procedimientos para la construcción de la estructura metálica del sistema de izaje



Fuente: Elaboración Propia.

### 13.2 tiempo y costos con relación al antiguo proceso de izaje

*Tabla 7 Relación de actividades, tiempos y costos en el proceso de mantenimiento del tambor de la maquina secadora-enfriadora*

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>COSTO</b>
<b>Desmontaje de la estructura del techo</b>	1 día	\$1.176.588
Contratación de mano de obra		
<b>Izado del tambor de secado-enfriado</b>	4 días	Día / \$89.000.000
Contratación de maquinaria/ grúa de elevación		\$356.000.000
<b>Actividades de mantenimiento</b>	4 días	\$ 1.120.000
Desbalanceo dinámico		
Des alineamiento entre eje y sus chumaceras		
Reparación rodillos de soporte		
<b>Montaje de la estructura del techo</b>	1 día	\$1.176.588
Contratación mano de obra		
<b>TOTAL</b>		<b>\$359.472,588</b>

Se observó y se determinó mediante entrevistas y demás procesos, los posibles riesgos laborales a los que son expuestos los empleados dedicados a realizar los procedimientos antes mencionados, a la hora de efectuar el mantenimiento de la maquina secadora-enfriadora.

*Tabla 8 Comparación de los riesgos del mantenimiento anterior al nuevo sistema de izaje*

<b>CLASIFICACIÓN</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL RIESGO EN MANTENIMIENTO ANTERIOR</b>	<b>EFFECTOS POSIBLES</b>	<b>CONSECUENCIA</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL RIESGO CON EL NUEVO SISTEMA</b>
<b>Biomecánica</b>	Posición prolongada de pie y caminando	Lumbagos, alteraciones de la circulación sanguínea en miembros inferiores	Insuficiencia venosa, lumbago	Posición prolongada de pie y caminando
	Manipulación manual de cargas, con desplazamiento	Osteomusculares articulares, fatiga física	Lumbago	se elimina riesgo
<b>Condición de seguridad</b>	Mecánico (manipulación de herramienta manual)	Contusiones, heridas, fracturas	Amputación	Mecánico (manipulación de herramienta manual)
	Mecánico (caída de elementos o herramientas)	Heridas, golpes	Fractura	Se elimina riesgo
	Mecánico (manejo equipo para izar cargas)	Golpes, heridas y fracturas	Fracturas múltiples	Se minimiza el riesgo
	Mecánico (proyección de sólidos y líquidos ) partículas incandescentes o frías, material articulado polvo, lubricantes)	Trauma ocular, heridas, quemaduras	lesión ocular	Mecánico (proyección de sólidos y líquidos ) partículas incandescentes o frías, material articulado polvo, lubricantes)
	Mecánico (mecanismos en movimiento)	Golpes, heridas, amputaciones y fracturas	Amputación	Mecánico (mecanismos en movimiento)
	Trabajo en altura	Caídas, heridas traumas de variada severidad	Muerte	Se elimina riesgo
	Locativo (superficies, pisos, transito por escaleras)	Caídas, politraumatismos, fracturas	Fracturas	Locativo (superficies, pisos, transito por escaleras)
	Locativo (líneas eléctricas, mangueras oxicorte en el piso, líneas neumáticas, residuos, piezas y materiales)	Caídas, traumas de variada severidad	Fracturas	Locativo (líneas eléctricas, mangueras oxicorte en el piso, líneas neumáticas, residuos, piezas y materiales)
	Eléctrico baja tensión (extensiones / Instalaciones eléctricas, tableros de control )	Quemaduras	Muerte	Eléctrico baja tensión (extensiones / Instalaciones eléctricas, tableros de control )
	Manipulación de herramientas manuales	Golpes, heridas y fracturas	Fracturas	Manipulación de herramientas manuales
	Almacenamiento (herramientas, materiales y equipos)	Golpes, fracturas y heridas.	Fracturas	Almacenamiento (herramientas, materiales y equipos)
	Tecnológico (incendio por manejo de gases industriales y sustancias combustibles, corto circuito, vapores, Gasolina)	Quemaduras, traumas de variada severidad	quemaduras	Tecnológico (incendio por manejo de gases industriales y sustancias combustibles, corto circuito, vapores, Gasolina)
Ruido (motores encendidos de maquinaria pesada, martilleo, cuarto de Casa bombas)	Agotamiento auditivo, estrés,	hipoacusia	Ruido (motores encendidos de maquinaria)	

<b>Físico</b>	Calor ambiental, Calor por arco de soldadura	Estrés calórico, fatiga física	Fatiga	Calor ambiental, Calor por arco de soldadura
	Radiación no ionizante ( sol)	Afecciones en la piel, daños en retina.	cáncer en la piel	se elimina riesgo
	Radiación no ionizante (chispas y destellos de soldadura.	Traumas oculares, deslumbramiento, lesiones en piel	lesión ocular	Radiación no ionizante (chispas y destellos de soldadura.
<b>Psicosocial</b>	Jornada de trabajo (Horas extras) Relaciones Humanas - Interpersonales	Stress	Stress	Jornada de trabajo (Horas extras) Relaciones Humanas - Interpersonales
<b>Químico</b>	Líquidos (manejo de Aceites)	Irritación piel y ojos, Irregularidad de sistema nerviosos, Afecciones respiratoria, dermatitis	Dermatitis	Líquidos (manejo de Aceites)
	Humos de monóxido de carbono	Irritación vías aéreas, trastornos respiratorios	afecciones respiratorias	Humos de monóxido de carbono
	Polvo (material articulado), esmerilado, pulido, ceniza, carbón	Irritación vías aéreas, trastornos respiratorios, traumas oculares	afecciones respiratorias	Polvo (material articulado), esmerilado, pulido, ceniza, carbón
	Humos metálicos (operaciones de soldadura)	Afecciones pulmonares, bronquitis crónica	afecciones respiratorias	Humos metálicos (operaciones de soldadura)
<b>Biológico</b>	Picaduras (Insectos)	Heridas, alergias, shock anafiláctico, muerte	Muerte	Picaduras (Insectos)
<b>Fenómeno natural</b>	Vendaval, llluvias	Quemadura, Muerte	Muerte	Se elimina riesgo
<b>Fenómeno natural</b>	Sismo	Politraumatismo, heridas, muertes	Muerte	Sismo

Fuente: Propia en salud ocupacional

### 13.3 Comparación de costos antes y después del diseño del sistema de izaje

Tabla 9 actividad económica.

actividad	Tiempo y costo anterior		Tiempo costo proyecto
<b>Costo implementación sistema de izaje</b>		0	\$73.029.120
<b>Contratación de maquinaria/grúa de elevación</b>	4 días	\$ 356.000.000	0
<b>desmontaje de estructura de techo</b>	1 día	\$ 1.176.588	0
<b>montaje de estructura de techo</b>	1 día	\$1.176.588	0
<b>8 trabajadores por 4 días para mantenimiento</b>	4 días	\$1.600.000	\$1.600.000
<b>Costos por tiempo perdido de parada de equipo</b>	4 días	\$ 480.000.000	\$ 480.000.000
<b>total</b>		<b>\$ 839.953.176</b>	<b>\$ 554629120</b>

El presupuesto requerido en el mantenimiento anterior de la secadora enfriadora, era de \$ 839.953.176 millones de pesos, los cuales se invertían cada seis meses.

El presupuesto requerido en el manteniendo actual de la secadora- enfriadora, incluyendo el valor de la inversión inicial del proyecto, fue de \$ 554.629.120 millones de pesos para el primer semestre.

La diferencia entre el mantenimiento anterior y el mantenimiento actual, para el primer semestre de ejecución del proyecto fue de \$ 285.324.056 millones de pesos, dicho valor incluye todos los costos de materiales, equipos y personal que fueron necesarios para la implementación del nuevo sistema. Con lo anterior se pudo evidenciar que el retorno de la inversión del proyecto se obtuvo en el primer semestre de ejecución del mismo.

Para el procedimiento que se realizaba anteriormente, se empleaban los servicios de una grúa de gran tamaño, lo cual incrementaban principalmente los costos para el mantenimiento.

Para realizar el proceso de izaje con el nuevo sistema, no es necesario el desmontaje del techo, por lo cual no se requiere el uso de la grúa.

### **Evaluación económica**

Para determinar la cantidad de trabajo y para el cálculo de retorno de la inversión fue necesario un Análisis del proceso de mantenimiento del tambor secadora-enfriadora:

Levantar información, establecer actividades, riesgos laborales, tiempos y costos en el proceso de mantenimiento.

-Diseñar la estructura del sistema para izar el tambor secadora-enfriadora:

-Diseño en computador, cálculos y medidas.

- Requerimiento de los materiales para montar el sistema.

- Montaje del sistema para izar el tambor secadora-enfriadora:

- Prueba ensayo del sistema

- Análisis de beneficios con el diseño del sistema de izado del tambor.

Costos del proyecto = \$73.029.120

Beneficio obtenido (lo que se ahorró con el sistema de izaje en el primer semestre, incluyendo los costos de materiales, equipos y mano de obra generados por el proyecto) =

$(\$285.324.056 + \$73.029.120) = \$358.353.176$  este valor corresponde al ahorro a partir del segundo semestre (segundo mantenimiento en adelante) una vez retornada la inversión del proyecto.

### 13 Conclusiones

La construcción de un sistema de izaje consta de muchos procesos con muy variadas características. Como en toda obra existen riesgos tanto físicos como económicos. El objetivo de este trabajo fue el de Construir un sistema de izado para mejorar el proceso de mantenimiento de la máquina “secadora-enfriadora”, que se emplea actualmente en el proceso de secado del azúcar en el ingenio providencia S.A., ubicado en cerrito – valle del cauca, y de esta forma reducir los riesgos laborales, los tiempos de arranque de la máquina y costos que se emplean en el proceso de mantenimiento. . En la búsqueda del cumplimiento de este objetivo, se pudo determinar los riesgos a los que eran expuestos los trabajadores del área de mantenimiento, pues las diferentes maniobras que se debía realizar para poder ejecutar los trabajos requeridos ponían en riesgo la integridad física de los empleados del área.

En el proceso que se llevó a cabo para lograr el objetivo planteado se hizo una investigación en diferentes fuentes como información virtual, consultas a personal de la empresa dedicadas al diseño, planeación y construcción y especialistas en el tema. La metodología que se siguió para dicha investigación fue recabar información referente a los siguientes temas:

1. Accidentes que ocurren al izar con grúa (método antiguo) la maquina secadora-enfriadora, esto mediante entrevistas con personal encargado de salud ocupacional.
2. Costo de la estructura para poder cuantificar una inversión inicial en el sistema propuesto, así como información sobre los costos del sistema de izaje.
3. procedimientos de construcción de sistemas de izaje, con la colaboración del departamento de proyectos.

De acuerdo a los resultados del proyecto, las principales conclusiones fueron:



1. Al izar la maquina secadora-enfriadora con el sistema de izaje basado en gatos hidráulicos que está especialmente diseñado para este procedimiento, se minimizan casi totalmente los riesgos por fallas estructurales, mecánicas o humanas, que son las más frecuentes, por lo que comparativamente el método del nuevo sistema de izaje es más seguro que el método de izar la maquina secadora-enfriadora con la grúa.

2. la utilización del nuevo sistema de izaje evita el desmontaje del techo que cubre el área, por lo que se reduce el tiempo para realizar el mantenimiento de la maquina secadora enfriadora, lo que se puede traducir en ganancias para el Ingenio Providencia, ya que al tener la estructura trabajando en menor tiempo en el sitio final de instalación, ésta empieza a producir más rápido lo que adelanta el periodo de recuperación de la inversión.

3. A pesar de que la inversión inicial es relativamente grande, esta se puede recuperar en un mediano plazo y como reduce tiempos, significa que puede aumentar la producción de azúcar.

## 14 Recomendaciones

- ✓ No exceder la carga permitida que soportan las vigas.( 40 toneladas)
- ✓ Conservar los cables que se utilizan para el izaje en buen estado.
- ✓ Revisar periódicamente las juntas y soldadura del sistema de izaje, pueden presentar fracturas debido a la vibración.(cada dos meses)
- ✓ No utilizar gatos hidráulicos que sean de menor capacidad.(50 toneladas)
- ✓ Utilizar las herramientas adecuadas para el mantenimiento de la secadora.
- ✓ Utilizar adecuadamente los implementos de seguridad como cascos, guantes, tapabocas, etc.

## 15. Glosario

Conceptos importantes para la comprensión de este proyecto:

**Azúcar:** 1. Sustancia cristalina, generalmente blanca, muy soluble en agua y de sabor muy dulce, que se encuentra en el jugo de muchas plantas y se extrae especialmente de la caña dulce y de la remolacha; se emplea en alimentación como edulcorante nutritivo y generalmente se presenta en polvo de cristales pequeños. RAE (2014)

**Grúa de Elevación:** máquina destinada a elevar y distribuir cargas en el espacio suspendidas de un gancho.

**Proceso:** Un proceso es una secuencia de pasos dispuesta con algún tipo de lógica que se enfoca en lograr algún resultado específico. RAE (2014)

**Rentabilidad:** Relación existente entre los beneficios que proporciona una determinada operación o cosa y la inversión o el esfuerzo que se ha hecho; cuando se trata del rendimiento financiero; se suele expresar en porcentajes. RAE (2014)

**Secadora-Enfriadora:** Máquina que utiliza aire caliente para retirar la mayor cantidad de humedad posible del azúcar.

**Tambor rotativo:** Es donde suceden las etapas de secado y enfriamiento del azúcar, está compuesto básicamente por 4 partes: Zona secadora, Rotor central, Zona enfriadora, Tamiz rotativo modular.

## 16. Referencias

- BMA Braunschweigische Maschinenbauanstalt AG. (2016). BMA. Obtenido de <https://www.bma-worldwide.com/es/secado-del-azucar/instalaciones-de-secado-y-de-enfriamiento-de-azucar.html>
- Cablecentro SAC. (s.f.). Obtenido de <http://www.cablecentrosac.com/tablas.html>
- Felipe, P. G. (11 de noviembre de 2009). Azúcar de caña. Obtenido de <http://www.perafan.com/azucar/ea02fabr.html>
- Hugo, C. (05 de Noviembre de 2014). Obtenido de <https://es.slideshare.net/mustafax/72975821-neo01manejodecablesyeslingas>
- Ingenio Magdalena S.A. (2016). Obtenido de [http://imsa.com.gt/sitio/proceso\\_azucar.pdf](http://imsa.com.gt/sitio/proceso_azucar.pdf)
- Ingenio Providencia S.A. (2017). Ingenio Providencia S.A. Obtenido de [http://www.ingprovidencia.com/wp-content/uploads/2016/05/Procesos\\_de\\_Ingenio\\_Providencia.pdf](http://www.ingprovidencia.com/wp-content/uploads/2016/05/Procesos_de_Ingenio_Providencia.pdf)
- Natalie, H. R. (27 de noviembre de 2014). Gestipolis. Obtenido de <http://www.gestipolis.com/teoria-de-la-gestion-del-conocimien>
- Renovetec. (2016). Renovetec. Obtenido de tipos de mantenimiento: <http://www.renovetec.com/590-mantenimiento-industrial/110-mantenimiento-industrial/305-tipos-de-mantenimiento>
- Sanitaria, G. (2017). Gestión sanitaria. Obtenido de riesgos laborales.

Shool, B. (2016). Bustiness School. Obtenido de Gestión del proyecto: como hacer el cálculo de retorno de la inversión: <http://www.obs-edu.com/int/blog-project-management/areas-de-conocimiento-pmbok-2/gestion-de-proyecto-como-hacer-el-calculo-de-retorno-de-la-inversion>

Torres Ch, P. L. (s.f.). Blogers Templates. Obtenido de <http://pedroluispnf.blogspot.com.co/2009/07/sacado.html>

Wikipedia. (11- 8 de 2017). Wikipedia. Obtenido de Azúcar de caña: [https://es.wikipedia.org/wiki/Az%C3%BAcar\\_de\\_ca%C3%B1a](https://es.wikipedia.org/wiki/Az%C3%BAcar_de_ca%C3%B1a)

Wikipedia. (7 - 9 de 2015). Wikipedia. Obtenido de Diseño: <https://es.wikipedia.org/wiki/Dise%C3%B1o>