

Universidad de Matanzas
Sede “Camilo Cienfuegos”
Facultad de Ciencias Técnicas



**ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL COMPONENTE DE
SUJECIÓN DE LA TABLILLA DE UN EQUIPO DE TRANSPORTE
CONTINUO.**

Trabajo de Diploma en Ingeniería Mecánica.

Autor: Ulises Jesús Borges Chávez.

Matanzas, 2022

Universidad de Matanzas
Sede “Camilo Cienfuegos”
Facultad de Ciencias Técnicas



**ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL COMPONENTE DE
SUJECIÓN DE LA TABLILLA DE UN EQUIPO DE TRANSPORTE
CONTINUO.**

Trabajo de Diploma en Ingeniería Mecánica.

Autor: Ulises Jesús Borges Chávez.

Tutor: Dr.C. Orestes González Quintero

Matanzas, 2022

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Yo, Ulises Jesús Borges Chávez declaro que soy el único autor de este trabajo de diploma y, en calidad de tal, autorizo a la Universidad de Matanzas «Camilo Cienfuegos» a darle el uso que estime más conveniente.

NOTA DE ACEPTACIÓN

Miembros del Tribunal:

Presidente

Secretario

Vocal

Resumen

La producción de azúcar; proveniente de la caña, en nuestro país se ha mantenido como uno de los eslabones fundamentales para la economía, es un producto esencial en la canasta básica familiar y un producto con excelente venta en el mercado internacional. En el Trabajo de Diploma se analizarán las situaciones presentadas en la Empresa Agroindustrial Azucarera Mario Muñoz Monroy del municipio de Los Arabos, en cuanto al equipo de transporte continuo; transportador de tablillas. Este es el encargado de trasladar la caña hacia el basculador y ha estado presenta reiteradas roturas en cuanto a la sujeción de las tablillas, esto repercute de forma directa en el proceso productivo de la empresa. Este trabajo tiene como objetivo realizar la comprobación de la resistencia del nuevo componente de la sujeción de las tablillas de este equipo para solucionar el problema y lograr disminuir las roturas; así como, evitar la paralización de la producción. En el trabajo se realiza una búsqueda de información científica-técnica, dentro de las cuales se mencionan todos los tipos de equipos de transportes continuos y se resalta todo lo referente al transportador de tablillas, el estudio de ecuaciones y de cálculo de resistencia de soldadura y se utiliza el software SOLIDWORKS para dichos cálculos. También se elaboraron los planos para el diseño del componente de sujeción de las tablillas, el estudio del impacto medio ambiental y un análisis de costo de soldadura.

Palabras claves: transporte continuo, tablillas, sujeción, diseño.

ABSTRACT

Sugar production; Coming from sugarcane, in our country it has remained one of the fundamental links for the economy, it is an essential product in the basic family basket and a product with excellent sales in the international market. In the Diploma Work the situations presented in the Mario Muñoz Monroy Sugar Agroindustrial Company of the municipality of Los Arabos, in terms of continuous transport equipment, will be analyzed; Splint conveyor. This is responsible for moving the rod to the swingarm and has been presented repeated breaks in terms of the fastening of the slats, this has a direct impact on the production process of the company. This work aims to check the resistance of the new component of the fastening of the slats of this equipment to solve the problem and reduce breakage; as well as, avoid the paralysis of production. In the work a search for scientific-technical information will be carried out, within which all types of continuous transport equipment are mentioned and everything related to the splint conveyor, the study of equations and calculation of welding resistance is highlighted and the SOLIDWORKS software is used for these calculations. Plans will also be developed for the design of the fastening of the slats, the study of the environmental impact and an analysis of welding cost.

Keywords: Continuous transport, slats, fastening, design.

TABLA DE CONTENIDO

Introducción	1
CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL DE LAS MÁQUINAS DE TRANSPORTE CONTINUO.....	4
1.1. Máquinas de transporte industrial.....	4
1.2. Clasificación de las máquinas de transporte continuo.	5
1.3. Productividad de las máquinas de transporte continuo.....	6
1.4. Principio de funcionamiento de los transportadores de tablillas.	7
1.5. Ventajas y desventajas de los transportadores de tablillas.....	9
1.6. Partes componentes del transportador de tablillas.	10
1.7. Velocidad de los transportadores de tablillas.....	14
1.8. Soldaduras.....	14
1.9. El software Opifex Spark/SMAW	15
1.10. El software SOLIDWORKS.....	16
Conclusiones parciales.....	19
Capítulo 2 Materiales y métodos	20
2.1 Caracterización de la Empresa Agroindustrial Azucarera Mario Muñoz Monroy.	20
2.2. Elección del material.....	21
2.3. Material usado en el diseño. (Acero AISI 1040).	22
2.4. Cálculo de la fuerza del sistema de transmisiones mecánicas del equipo de transporte continuo de la Empresa Agroindustrial Azucarera Mario Muñoz Monroy.	24
2.5. Cálculo de la unión soldada	26
2.6 Diseño de tecnologías de soldadura con electrodos metálicos revestidos.	29
2.7 Comprobación de las cargas que actúan sobre la pieza.	29
Conclusiones parciales.....	32

Capítulo 3 Análisis de los Resultados.....	33
3.1. Cálculo de la fuerza de un sistema de transmisiones mecánicas	33
3.2. Cálculo de la unión soldada	34
3.3. Diseño de tecnologías de soldadura con electrodos metálicos revestidos mediante el software Opifex Spark/SMAW.....	36
3.4 Comprobación de las cargas que actúan sobre la pieza mediante el software SOLIDWORKS.	36
3.5. Problemática ambiental del mecanizado de los diferentes componentes de la máquina.....	41
3.6 Análisis de los costos de la soldadura.....	41
Conclusiones parciales.....	43
Conclusiones	44
Recomendaciones	45
Referencias Bibliográficas	46
Anexos	49

Introducción

Los equipos de transporte continuos llamados transportadores son de gran utilidad para las industrias, ya que brindan la facilidad de poder mover la mercancía en determinado tramo sin la necesidad de ser manipulada por la mano del hombre (González *et al.*, 2017).

Los transportadores de tablillas transportan bagazo y su introducción masiva comenzó de forma insipiente a comienzo de los 80, y que alcanzó un gran ímpetu a mediados de los 90, impulsada por excelentes trabajos realizados por el Ing. José Barreiro Echemendía, de la entonces Delegación de Santiago de Cuba, es una realidad en nuestra industria, urgida de garantizar eficiencia y competitividad en su operación.

La introducción de esta nueva tecnología, que ha venido unida, con eliminación de desmenuzadoras y la reducción de la velocidad de molinos; en muchas de nuestras plantas moledoras, no ha estado exenta de tropiezos e incomprendimientos asociados a errores de diseño y construcción, debido, sobre todo, a la escasa información de que se dispone para esta tarea.

Una de las empresas que juega un papel importante en el desarrollo de la región es la Empresa Agroindustrial Azucarera Mario Muñoz Monroy. Industria que tiene un carácter agroindustrial y su misión es potenciar el proceso industrial eficiente del azúcar para el autoabastecimiento nacional; apoyados en la aplicación de adelantos científico-técnicos.

Para llevar a cabo la actividad directa a la producción es imprescindible el empleo de transportadores de tablillas para el traslado del bagazo hacia los molinos. Sin embargo, no se realiza con eficiencia y esto se debe a que las tablillas tienen un débil componente de sujeción que provoca frecuentes interrupciones, las cuales son inherentes a la falta de materia para procesar. Producto de lo anteriormente expuesto se desarrolló el presente trabajo que tuvo el siguiente **problema de investigación**. ¿Cómo perfeccionar el componente de sujeción de las tablillas del transportador para evitar las interrupciones en el proceso productivo en la Empresa Agroindustrial Azucarera Mario Muñoz Monroy por sus roturas?

Objeto de Estudio:

El proceso de traslado del bagazo hacia los molinos como actividad fundamental del proceso productivo de la Empresa Agroindustrial Azucarera Mario Muñoz Monroy.

Campo de acción:

La determinación de los parámetros para la comprobación del diseño del componente de sujeción de las tablillas de un transportador.

Hipótesis:

Si se aplican los procedimientos metodológicos y matemáticos en la determinación de los parámetros requeridos para el diseño del componente de sujeción de las tablillas de un transportador para el traslado del bagazo hacia los molinos, entonces, disminuirán las interrupciones en el proceso productivo en la Empresa Agroindustrial Azucarera Mario Muñoz Monroy por sus roturas.

Objetivo general:

Comprobar los parámetros requeridos para el diseño del nuevo componente de sujeción de las tablillas de un transportador para el traslado del bagazo hacia los molinos en la Empresa Agroindustrial Azucarera Mario Muñoz Monroy.

Objetivos específicos:

1. Delimitar los antecedentes, fundamentos teóricos del problema y objeto de estudio.
2. Desarrollar el sistema de procedimiento de cálculo para la comprobación de los parámetros requeridos para el diseño del componente de sujeción de las tablillas de un transportador.
3. Establecer la documentación tecnológica del trabajo (planos).

Tareas de investigación:

1. Analizar las fuentes de información para el establecimiento de antecedentes, fundamentos teóricos y parámetros requeridos.
2. Establecer la secuencia de cálculo de los parámetros para el diseño.
3. Redactar el informe resultado de la presente investigación.

Métodos de nivel teórico.

➤ Análisis – Síntesis

Determinar las posibles variables metodológicas para la comprobación de los parámetros para el diseño del componente de sujeción de las tablillas de un transportador. Evaluación de las variables metodológicas las cuales pueden ser:

Directas

Indirectas

➤ Histórico – lógico

Facilitó el estudio de los antecedentes y desarrollo del tema objeto de estudio a través de la revisión de la bibliografía especializada.

➤ Estadístico Matemático:

Agrupar información sobre el tema objeto de estudio, determinar los valores de los parámetros a analizar, tabular y graficar.

➤ Métodos empíricos:

Observaciones, entrevistas y análisis de documento.

CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL DE LAS MÁQUINAS DE TRANSPORTE CONTINUO.

En este capítulo se exponen los principales aspectos relacionados con las máquinas de transporte continuo, específicamente de los transportadores de tablillas. Se destaca la clasificación de los mismos, así como el principio de funcionamiento, estructura de los mismos y de cada uno de los elementos que lo constituyen. Además de realizar un breve análisis de las investigaciones realizadas que han tenido como centro este tipo de máquinas de transporte continuo, con el objetivo de mejorar su diseño y eficiencia debido a la amplia aplicación que presentan en el sector industrial.

1.1. Máquinas de transporte industrial.

Son máquinas destinadas al transporte, trasiego o sostén de distintos materiales a granel, en sacos o paquetes. La razón fundamental por la cual el amplio conjunto de máquinas de elevación y transporte se dividen en diferentes grupos, independientes desde el punto de vista constructivo, está dada por el principio mismo de su funcionamiento. De acuerdo con este principio las máquinas transportadoras se dividen en máquinas de transporte periódico (MTP) y máquinas de transporte continuo (MTC) (Oriol Guerra 1988).

Se denominan máquinas de transporte periódico (MTP) aquellos equipos que realizan el trasiego o transporte de materiales en intervalos de tiempo o período, y en uno de sus movimientos, que es en la mayoría de los casos, lo realiza vacío. Ejemplo: las grúas, montacargas y elevadores, entre otras. Las máquinas de transporte continuo (MTC), a diferencia de las anteriores, mantienen un flujo constante de materiales en toda su traza, sin intervalos ni interrupciones. Esta última es el objeto del presente título; ellas también se dividen en dos grandes grupos: con órgano de tracción flexible y sin órgano de tracción flexible (Oriol and Aguilar 1995). En la tabla 1.1 se muestran los más comunes.

Entre las máquinas de transporte continuo se encuentran los transportadores de diferentes tipos (de banda, cangilones, rastrillos, vibrátiles, etc.) las instalaciones para el transporte neumático e hidráulico, así como otras máquinas semejantes.

Tabla 1.1. Clasificación de las máquinas de transporte continuo. Fuente: Matos Ramírez (2011)

TRANSPORTADORES CON ÓRGANO DE TRACCIÓN FLEXIBLE	TRANSPORTADORES SIN ÓRGANO DE TRACCIÓN FLEXIBLE
Banda	Rodillos
Tablilla	Tornillo sin fin
Rastrillo	Vibratorio
Cangilones	Neumático
Telescópico	
Aéreo	
Skid	
Cadena	
Escaleras Móviles	

1.2. Clasificación de las máquinas de transporte continuo.

Establecer una clasificación general para las máquinas transportadoras resulta prácticamente imposible, debido al amplio campo de aplicación que tienen estas y a las formas tan variadas que presentan en el orden constructivo (AGUILAR 2002). La clasificación más recomendable es la de ordenarlas según aquellos elementos que constituyen su rasgo más característico, por ejemplo:

- 1) Según la forma en que se transmite la fuerza motriz a la carga que se traslada. Por ejemplo: mediante elementos mecánicos, las fuerzas gravitacionales, las fuerzas centrífugas, el aire o el agua, etc.
- 2) Según el aspecto o tipo de la carga transportadora. Por ejemplo: máquinas para el transporte de carga a granel o piezas.
- 3) Según el plano en que se ubique la trayectoria de la máquina transportadora. Por ejemplo: en plano horizontal, en el vertical o en el espacio tridimensional.

- 4) Según la forma de transportar la carga. Por ejemplo: en forma de vena continua, en recipientes o depósitos (cangilones), por piezas o arrastradas a través de un tubo por medio de raspadores.
- 5) Por las formas constructivas y de aplicación de la fuerza motriz.

1.3. Productividad de las máquinas de transporte continuo.

La productividad de una máquina de transporte continuo está dada por la cantidad de material a granel o por piezas que esta entrega en la unidad de tiempo, transportándolos en una dirección y distancia determinada. Esta productividad puede expresarse en términos de masa, peso o volumen de carga por unidad de tiempo. Como unidad de tiempo se emplea frecuentemente la hora, aunque este puede expresarse también en jornada de trabajo (Barreras and Domínguez 2001).

La productividad media horaria **Q_{med}** (kN/h) se expresa tiene en cuenta la productividad por jornada **Q_j** (kN/ jornada), el tiempo de duración de cada jornada **t_j** (h) y el tiempo de trabajo de la máquina **t_m** (h) en cada jornada de acuerdo con la expresión:

$$Q_{med} = \frac{Q_j}{t_m} = \frac{Q_j}{t_j * K_t} \quad \left[\frac{kN}{h} \right] \quad (1.1)$$

Grado de utilización de la MTC durante la jornada de trabajo.

$$K_t = \frac{t_m}{t_j} \leq 1 \quad (1.2)$$

Los parámetros que intervienen en la productividad de las máquinas de transporte continuo se calculan atiende a tres tipos de transportación:

- Transportación de carga a granel de vena continúa.
- Transportación de carga a granel en cantidades separadas.
- Transportación de carga por piezas.

En todos los casos, la productividad de la máquina depende de la cantidad media de carga por unidad de longitud del órgano portador o peso lineal q (N/m) y la velocidad de transportación v (m/s). Si la productividad de un transportador es de qv (N/s) la productividad horaria será:

$$Q = 3,6 * q * v \quad \left[\frac{kN}{h} \right] \quad (1.3)$$

Para determinar la productividad en los tres tipos de transportación antes mencionados existen varias fórmulas para determinar el peso lineal de cada una con sus diferentes factores y de esta forma se puede determinar la productividad en cada caso. La productividad horaria de la máquina está dada por:

$$Z = \frac{3600 * v}{a} \quad \left[\frac{piezas}{h} \right] \quad (1.4)$$

en caso de lotes de piezas (z)

$$Z = \frac{3600 * z * v}{a} \quad (1.5)$$

Si es el peso (G) de cada en kg, la productividad expresada en peso es:

$$Q = \frac{G * Z}{1000} \quad \left[\frac{kN}{h} \right] \quad (1.6)$$

La velocidad de transportación (v) de la carga constituye uno de los parámetros fundamentales en la determinación de la productividad de las MTC. Con frecuencia en el cálculo o diseño, la velocidad de transportación está dada por la carga y descarga del material o por encontrarse el equipo en una cadena de producción en la que una velocidad determinada responde a las exigencias tecnológicas del proceso(Casal 2002).

1.4. Principio de funcionamiento de los transportadores de tablillas.

El transportador de tablillas se compone de una estructura metálica (1), en cuyos extremos se colocan una catalina motriz (2), y una catalina de cola (3), que forma parte del sistema de atesado. La estructura soporta al órgano portador, compuesto por tablillas (4), que se acoplan al órgano de tracción, generalmente compuesto por dos cadenas (5). A

la tambora matriz se acopla el resto del sistema motor (6). El transportador de tablillas tiene una o varias tolvas (7), que suministra el material al transportador y que pueden estar situadas en cualquier punto de la rama cargada. La descarga se realiza al final de la traza mediante a un embudo de descarga (8) (Oriol 1998).

Los transportadores de tablillas se emplean en la transportación de materiales a granel y de bultos, en trazas horizontales e inclinadas. Tienen un amplio uso en la industria química, metalúrgica, extractiva, cañera, etcétera. En cuanto a la industria cañera se emplea para llevar la caña del basculador a los molinos (Casal 2002).

A lo largo de la traza del conductor, la carga transportada puede ser sometida a procesos de lavado, pintura, enfriamiento, secado, recocado, etcétera.

Los transportadores de tablillas manipulan normalmente cargas pesadas, en pedazos grandes, abrasivos y calientes (arena de moldeo caliente, piezas de hierro fundido, piezas forjadas, mineral).

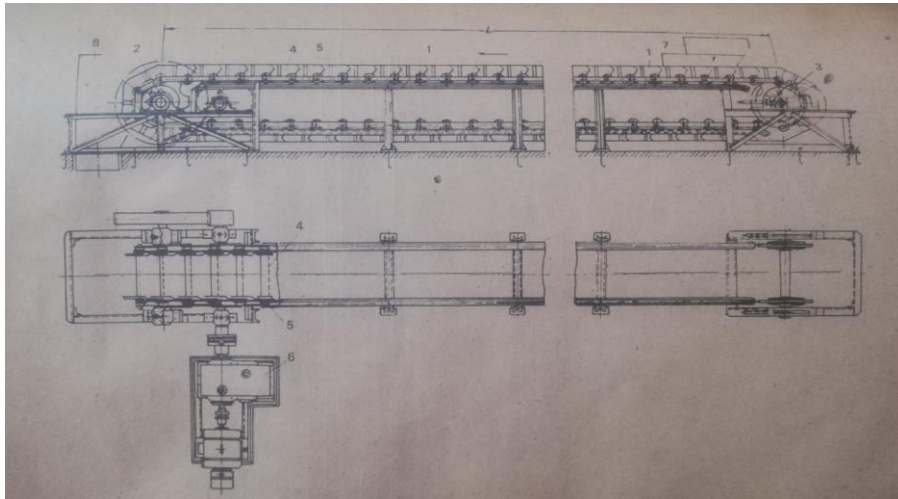


Figura 1.1. Partes componentes de un transportador de tablillas. Fuente: Oriol (1998).

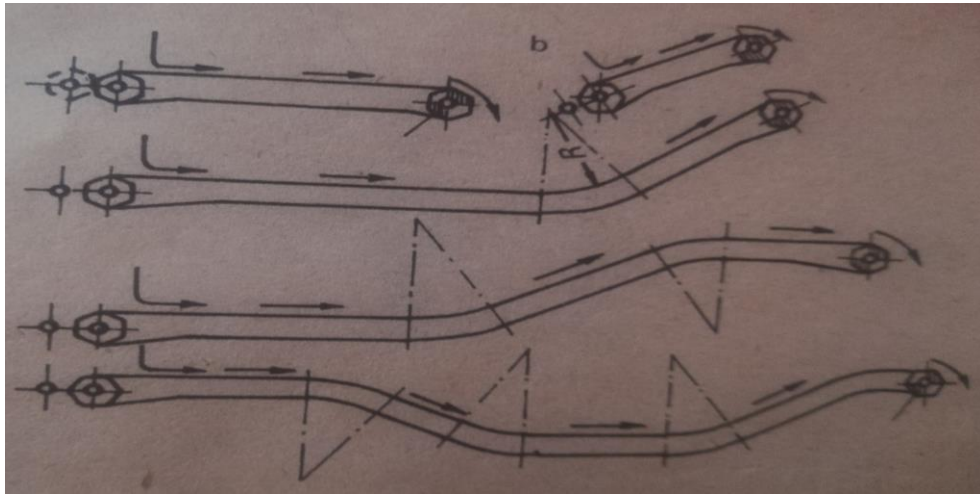


Figura 1.2. Trazas de un transportador de tablillas. Fuente: Oriol (1998).

1.5. Ventajas y desventajas de los transportadores de tablillas.

1.5.1. Ventajas.

Según Guerra and José (1988) algunas de las ventajas de los transportadores son;

- 1) Pueden transportar cargas pesadas en grandes pedazos y elevadas temperaturas.
- 2) Alcanzan capacidades de 2000 t/h o más.
- 3) Las trazas son de gran longitud, con la posibilidad de usar accionamientos intermedios.
- 4) Se mueven con gran suavidad y sin ruidos.
- 5) Pueden cargarse directamente sin usar alimentadores.
- 6) Admiten una amplia gama de trazas diferentes, con radios de curvatura menores que los transportadores de bandas.

1.5.2. Desventajas.

Según Parés (2003) algunas de las desventajas de los transportadores son;

- 1) Elevado peso propio de las tablillas y las cadenas.

- 2) Elevado costo por la complejidad de su fabricación.
- 3) Mantenimiento complejo debido al gran número de articulaciones.

1.6. Partes componentes del transportador de tablillas.

1.6.1. Órgano de tracción.

Debe ser soportado por elementos de apoyo que son los rodillos estacionarios, suelen equiparse con dos cadenas del tipo de planchetas de buje y ruedas, pueden tener cojinetes de deslizamiento o de rodamiento, los últimos se emplean en los transportadores pesados. En las cadenas con ruedas se apoyan de un perfil laminado que soporta el peso de las tablillas y de la propia cadena. En los transportadores pequeños, que transportan cargas ligeras y cuyo ancho no es mayor de 400 mm, se permite el uso de una sola cadena (Reyes Quintana 2016).

Para el buen trabajo del órgano de tracción, así como el incremento de la vida útil deben cumplirse los siguientes requisitos:

- 1) Fácil rotación y desplazamiento; es decir, pequeño coeficiente de resistencia al movimiento.
- 2) Simplicidad constructiva y pequeño peso propio conjuntamente con una alta resistencia a la rotura y el desgaste.
- 3) Trabajo seguro y duradero en condiciones de explotación difíciles, protección de los cojinetes a la penetración del polvo.
- 4) Simpleza en el mantenimiento y comodidad para el engrase de los cojinetes.
- 5) Simpleza en la reparación y el intercambio de las partes gastadas.

1.6.2. Tablillas.

Son el órgano portador de los transportadores de tablillas y se seleccionan de acuerdo con el material transportado. La unión de las tablillas a las cadenas puede ser por tornillos, remaches o soldadura. Sirven como elemento rígido para unir las cadenas y deben

colocarse tiene en cuenta el sentido del movimiento (Pérez and Castellanos 2015). Existen varios tipos de diseños de tablillas:

- 1) tablillas sin guarderas, espaciadas y lisas con cadenas de ruedas.
- 2) tablillas sin guarderas, espaciadas y lisas con cadenas sin ruedas.
- 3) tablillas sin guarderas y lisas con cadenas sin rolletes y con ellos.
- 4) tablillas sin guarderas corrugadas.
- 5) tablillas con guarderas lisas.
- 6) tablillas con guarderas corrugadas.
- 7) tablillas con guarderas de tipo profundo onduladas y de cajuela.

Las tablillas sin guarderas se usan generalmente para bultos. Para prevenir la caída de la carga se colocan guarderas fijas de madera o acero. Para la manipulación de cargas a granel, suelen utilizarse tablillas con bordes para impedir que el material se meta entre las tablillas y la guardera fija (Morales, Sccot et al. 2006). Cuando el transportador es inclinado deben utilizarse las tablillas con bordes, del tipo profundo y con cajuelas Figura 1.3.

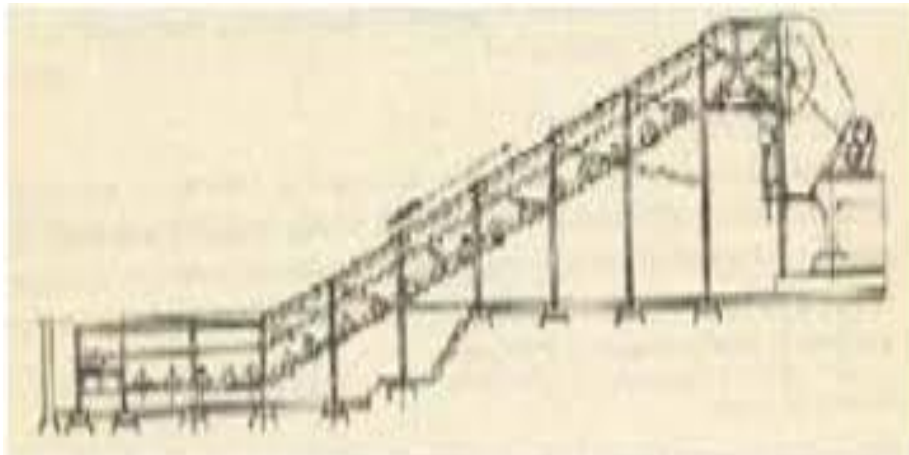


Figura 1.3. Transportador de tablillas inclinado. Fuente: Forjas Bolivar (2021).

Las tablillas antiguamente se fabricaban de madera, posteriormente se utilizó el acero (Anexo 4) debido al alto costo de la madera, en la actualidad se busca hacerlas de materia orgánica; pues si el acero se rompe acaba con la parte del sistema, por ejemplo, las cadenas.



Figura 1.4. Tablilla (duelas). Fuente: Forjas Bolivar (2021).

1.6.3. Sistema de transmisión.

Suele estar compuesto por un simple reductor o incorporar otra reducción adicional mediante engranajes o cadenas y catalinas (Anexo 5). Las catalinas motrices tienen de 5 a 8 dientes y se construyen de hierro fundido o acero. El montaje de las catalinas debe ser exacto existe coincidencia en la posición de los dientes de las dos ruedas y que el tiraje de ambas cadenas sea uniforme. Dada las bajas velocidades de los transportadores se deben emplear reductores de alta razón de reducción, del orden de 60 a 200 veces (CASTELLANOS, PEREZ et al. 2007).

1.6.4. Sistema de atesado.

En los transportadores de tablilla se usan los atesadores del tipo de tornillo o tornillo-muelle. La regulación del atesador debe estar entre 320 y 800 mm, en dependencia del paso de la cadena y no debe ser menor que 1.6 a 2 veces dicho paso.

Es imprescindible que una de las catalinas del sistema de atesado sea fijado al eje mediante una chaveta, mientras que el otro rote libremente sobre este. De manera que se produzca siempre el ajuste cadena-catalina independientemente de la desalineación provocada por las propias tablillas o por el desgaste de los eslabones.

Ver figura 1.5 a continuación.

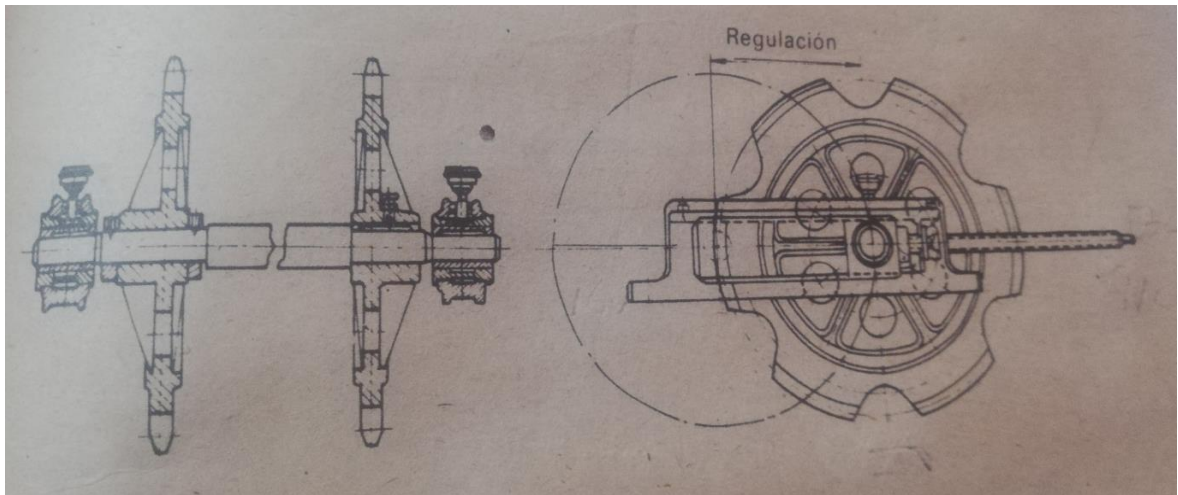


Figura 1.5. Atesador de tornillo con rueda de estrella. Fuente:ORIOLO and AGUILAR (1995).

1.6.5. Estructura.

Necesitamos tener en cuenta las siguientes consideraciones para la estructura de los transportadores de tablillas. Las guías donde se apoyan las ruedas de cadena, se construyen de angulares si el transportador es ligero o de railes del tipo de vía estrecha, para los transportadores pesados. Es importante colocar angulares de protección por encima de los angulares guías para evitar que las ruedas de las cadenas se separen por el efecto de la tensión del órgano de tracción flexible (García Narváez 2010).



Figura 1.6. Transportadores de tablillas. Fuente: Forjas Bolivar (2021)

1.7. Velocidad de los transportadores de tablillas.

La velocidad de los transportadores de tablillas se encuentra dentro de los límites de 0.2 m/s hasta 1.25 m/s, en dependencia de su empleo y de su construcción. No obstante, la velocidad máxima utilizada en los transportadores de aplicación general es de 0.1 m/s a 0.4 m/s.

El aumento de la velocidad del transportador aumenta su productividad, disminuye sus dimensiones, el peso y el costo, sin embargo, si las velocidades son muy grandes aumenta la irregularidad del movimiento de la parte móvil y la carga dinámica de la cadena. Por eso, cuando las cadenas son de eslabones largos y es poco el número de dientes en las catalinas se emplean valores menores de la velocidad. Si los eslabones de las cadenas de planchetas tienen una longitud (pasos) de 250 a 400 mm y el número de dientes en las catalinas de tracción es $Z=6$, la velocidad de los transportadores excede generalmente 0.3 m/s. cuando las velocidades son grandes, generalmente se emplean un número mayor de dientes en las catalinas (Reyes Quintana 2016).

La magnitud de la velocidad también depende en gran medida de la construcción de la parte móvil del transportador. Así, cuando se utilizan ruedas con cojines de deslizamiento, la velocidad de los transportadores de tablillas generalmente no excede 0.4 m/s. Cuando se emplean cadenas de tracción de eslabones cortos y ruedas con cojines de rodamiento, la velocidad de los transportadores de tablillas alcanza 1.25 m/s.

1.8. Soldaduras.

Los casos típicos de cálculos de soldaduras se realizan de manera inmediata. Sin embargo, en la mayoría de las situaciones prácticas estas solicitaciones no se presentan tan sencillas si no como casos más complejos. En estos casos la soldadura aparecerá cargada con tensiones de distintas direcciones y distintas naturalezas, por lo que será preciso considerar todas las cargas en el diseño o la comprobación (Rodríguez 2013).

En los casos que se tenga que calcular el espesor del cordón como no se tienen los espesores de la soldadura no se puede calcular las tensiones. Como por lo general se tiene la longitud de la soldadura, se considerará el cordón como una línea y entonces las cargas

se distribuirán por la longitud de la soldadura. Para distribuir las cargas las mismas se deben trasladar (en los casos que lo requiera) al centro (del cordón) de gravedad de la línea de soldadura.

Después que se calculen las cargas distribuidas por longitud de soldadura se componen las mismas en el punto de mayor carga (mayor peligrosidad) para determinar la carga total.

Con dicha carga total se determina entonces el cateto de soldadura tiene en cuenta que siempre tomaremos como área peligrosa la localizada en el plano de 45 grados respecto al plano del cateto (Rodríguez 2013).

1.9. El software Opifex Spark/SMAW

Opifex Spark/SMAW, versión 1.0, es una aplicación para el diseño de tecnologías de soldadura con electrodos metálicos revestidos (*shielded metal arc welding*, SMAW). El programa permite elaborar la especificación (carta tecnológica) del proceso, indica en la misma la preparación de bordes, las dimensiones de la costura, el régimen de soldadura, los costos del proceso y el resto de la información necesaria para ejecutar la soldadura.

Ofrece la posibilidad de trabajar con aceros al carbono, bajo aleados e inoxidable, como materiales base, a fin de lo cual dispone de una base de datos con la composición química y las propiedades mecánicas de un grupo importante aceros muy utilizados en uniones soldadas, según varias normas internacionales, incluye la AISI, la DIN y la JIS. También cuenta con bases de datos para la selección de las máquinas de soldadura y los electrodos a utilizar, lo cual facilita el trabajo del usuario. Toda la información contenida en las bases de datos es modificable y personalizable, de forma tal que se adapte a las necesidades de cada aplicación específica.

El programa tiene una interfaz gráfica de usuario que permite realizar con rapidez y precisión tanto la entrada de los datos como la selección de los requerimientos y el cálculo de los parámetros del proceso. Dicha interfaz también permite visualizar, imprimir y exportar la especificación del proceso.

1.10. El software SOLIDWORKS.

El software CAD SOLIDWORKS® es una aplicación de automatización de diseño mecánico que les permite a los diseñadores croquizar ideas con rapidez, experimentar con operaciones y cotas, y producir modelos y dibujos detallados.

Las piezas son los bloques de construcción básicos en SOLIDWORKS. Los ensamblajes contienen piezas u otros ensamblajes, denominados subensamblajes. Un modelo de SOLIDWORKS consta de geometría en 3D que define sus aristas, caras y superficies. SOLIDWORKS le permite diseñar modelos de forma rápida y precisa (SolidWorks 2005).

1.10.1. Los modelos de SOLIDWORKS:

- Están definidos por un diseño en 3D
- Se basan en componentes

1.10.2. Diseño en 3D.

Al diseñar una pieza, desde el croquis inicial hasta el resultado final, está crea un modelo en 3D. A partir de este modelo, puede crear dibujos en 2D o componentes de relaciones de posición que consten de piezas o subensamblajes para crear ensamblajes en 3D.

También puede crear dibujos en 2D a partir de los ensamblajes en 3D. Cuando diseñe un modelo con SOLIDWORKS, puede visualizarlo en tres dimensiones para ver su aspecto una vez fabricado (Systemes 2011)

1.10.3. Definición de un ensamblaje

Un ensamblaje es un conjunto de piezas relacionadas guardadas en un archivo de documento de SOLIDWORKS que lleva la extensión. sldasm.

Ensamblajes:

- Contienen de dos a más de mil componentes, que pueden ser piezas u otros ensamblajes y que se denominarán subensamblajes.
- Reproducen el movimiento entre las piezas relacionadas dentro de sus posibilidades.

Los componentes de un ensamblaje se definen en relación con el resto de los componentes mediante relaciones de posición de ensamblaje. Asocie los componentes de los ensamblajes mediante diversos tipos de relaciones de posición: coincidentes, concéntricas y de distancia (Systemes 2011).

1.10.4. Métodos de diseño de un ensamblaje

Los ensamblajes pueden crearse sigue dos métodos distintos: diseño ascendente y diseño descendente. También puede utilizar una combinación de ambos métodos. Con cualquiera de los dos métodos, el objetivo consiste en establecer relaciones de posición entre los componentes con el fin de crear el ensamblaje o subensamblaje (SolidWorks 2005).

Diseño ascendente.

En el diseño ascendente, se crean piezas que se insertan en un ensamblaje y se relacionan según lo exija el diseño. El diseño ascendente es la técnica preferida cuando utiliza piezas construidas previamente y listas para su uso. Una ventaja del diseño ascendente es que, dado que los componentes se diseñan independientemente, sus relaciones y su funcionamiento en cuanto a regeneración se refiere resultan más sencillos que en el diseño descendente. Trabajar con diseño ascendente le permite concentrarse en cada una de las piezas independientemente. Es conveniente utilizar este método si no necesita crear referencias que controlen el tamaño o la forma de las piezas con respecto a cada una.

Diseño descendente

En el diseño descendente, usted empieza a trabajar en el ensamblaje. Puede utilizar la geometría de una pieza para definir las otras piezas para crear operaciones que afectan a varias piezas o para crear operaciones mecanizadas que se agregan sólo una vez

ensambladas las piezas. El diseño descendente también se conoce como diseño en contexto.

Ensamblajes en contexto, le permite hacer referencia a la geometría de modelo de modo que puede controlar las cotas del dispositivo crea relaciones geométricas a la pieza original. De este modo, si cambia una cota de una pieza, el dispositivo de unión se actualiza automáticamente.

Conclusiones parciales.

1. Se profundizó en las partes esenciales de los transportadores de tablillas, así como sus funciones.
2. Las tablillas son elementos auxiliares de las instalaciones cuya misión es la de recibir un producto de forma más o menos continua y conducirlo a otro punto, son aparatos que funcionan solos, intercalados en las líneas de proceso y que no requieren generalmente de ningún operario que manipule directamente sobre ellos de forma continuada.
3. Las tablillas son componentes que por su importancia son centro de numerosas investigaciones en aras de mejorar sus parámetros técnicos-explotativos.

Capítulo 2 Materiales y métodos

En este capítulo se expone la caracterización de la Empresa Agroindustrial Azucarera Mario Muñoz Monroy con el fin de puntualizar en la importancia de la misma para la economía nacional de nuestro país. Se realiza una breve referencia acerca del material que se recomienda utilizar en la confección de la pieza en cuestión. Se destacan además los cálculos realizados con el fin de obtener los datos necesarios para lograr el diseño adecuado del componente de sujeción de las tablillas (Anexos 1, 2 y 3) del transportador de la mencionada empresa; equipo de transporte continuo encargado de trasladar la caña desde el basculador hacia los molinos.

2.1 Caracterización de la Empresa Agroindustrial Azucarera Mario Muñoz Monroy.

La Empresa Agroindustrial Azucarera Mario Muñoz Monroy se encuentra ubicada en Municipio de Los Arabos, está situado en la zona más oriental de la provincia Matancera. Limita al noroeste con los municipios de Martí y Colón, al noreste con la provincia de Villa Clara, al sudeste con la provincia de Cienfuegos y al sudoeste con el municipio de Calimete. Posee una superficie total de 760,30 km². Por su extensión ocupa el sexto lugar y el 6,4% del territorio total de la provincia.

En la actualidad la nueva Empresa Agroindustrial Azucarera Mario Muñoz Monroy presenta una dirección general conformada por (229) trabajadores, donde el central es un segmento más de la dirección con (503), y 2 UEB de prestación de servicios agrícolas con (241) trabajadores y España Republicana con (226) trabajadores, con un total general de 1199 trabajadores.

Cuenta con un total de 29 unidades productoras de ellas; 16 UBPC, 11 CPA, 2 CCS y 2 bancos de semillas registrado (1) en la zona de Perico y (1) en Los Arabos. Tiene un total de 3215 asociados, contratados 501 y 2714 asociados permanentes. Tiene unidades productoras en 7 municipios; Los Arabos, Colon, Calimete, Perico, Jovellanos, Cárdenas y Limonar.

Posee un fondo de tierra de 50089,21 ha, dedicadas a caña tiene 27609,27 ha, con caña 17436,81 ha por lo que tiene un área vacía dedicada a caña de 10172,46 ha, dedicada a producciones agropecuarias tiene un total de 17453,22 ha; de ella a ganadería 11843,95 ha, cultivos varios 1783,42 ha y Forestal 3825,85 ha, y en otros usos 5026,72 ha.

2.1.1. Misión.

Producir azúcar, miel y derivados de la caña de azúcar, generar, comercializar energía eléctrica, producir y comercializar semilla de caña, todas de alta calidad a costos competitivos para satisfacer el mercado interno y la exportación, mejorar las condiciones sociales de los trabajadores y la participación de los mismos en los programas de superación.

2.1.2. Visión.

Alcanzar en los productores cañeros crecientes rendimientos agrícolas, mejor preparación de los suelos y el pago de la caña por su calidad, aplica la agricultura de precisión, permite niveles de siembra adecuada para la durabilidad de la cepa, con pérdidas mínimas logra la siembra de semilla categorizada, introducir nuevas maquinarias y adelantos de la ciencia y la técnica, logra la motivación en los trabajadores.

Obtener en la industria mejora de los índices del proceso productivo y tecnológico garantiza molidas estables, reduce el costo de azúcar, rescatar una mayor calidad, mantener la generación de energía eléctrica y entrega a la red nacional, realizar las reparaciones con calidad, con un mínimo de inversiones, contribuye al tratamiento químico de residuales y saneamiento del medio ambiente.

Lograr la diversificación a través de las producciones alcanzadas en los derivados, con volúmenes crecientes, con eficiencia y calidad probada en la satisfacción de las necesidades de los clientes y la aceptación en el mercado.

2.2. Elección del material.

Una de las tareas o etapas de mayor importancia en la proyección de los elementos de máquinas, es la selección correcta de los materiales para la fabricación de estos, tiene en cuenta diferentes aspectos técnicos económicos.

Es por ello que se debe tener en cuenta algunos factores que permitan una adecuada selección del material, como son:

- Condiciones de explotación (velocidad, carga, temperatura, etc.)
- Tipo de producción (unitaria, media seriada, seriada, etc.)
- Limitación de peso y dimensiones.
- Condiciones del medio.
- Tecnología existente.
- Existencia.
- Factor económico.

2.2.1. Recomendaciones para la selección del material.

La selección del material para la pieza de sujeción de tablillas depende de la designación de la transmisión y de las condiciones de su trabajo Los materiales más empleados para su fabricación son el acero y el hierro fundido (MARULANDA, GARCÍA et al. 2009).

Aceros: los materiales fundamentales para la fabricación de la pieza de sujeción de tablillas son los aceros tratados térmicamente. los aceros al carbono de los tipos AISI 1040, 1045, 1050, 1550 y los aceros aleados AISI24, 5140, 5145, 3140 y otros.

Hierro fundido: el hierro fundido se emplea en la fabricación de la pieza de sujeción de tablillas para transmisiones lentas (de salida) y abiertas; en esos casos se recomienda las marcaciones ASTM 20; 25; 30; hasta 60.

2.3. Material usado en el diseño. (Acero AISI 1040).

2.3.1. Elementos que lo componen.

El 1040 es un acero de medio carbono compuesto de un porcentaje de 0,37 a 0,44 de carbono, de 0,6 a 0,9 por ciento de manganeso, un máximo de un 0,04 por ciento de fósforo y un máximo de 0,05 de azufre, de acuerdo con la hoja de datos de Metal Suppliers Online (Suministros de metal en línea).

El resto es hierro. El acero 1040 a veces contiene 0,1 a 0,35 por ciento de silicón, de acuerdo con Interlloy, un especialista en ingeniería de producción y herramientas de acero con sede en Australia (Morales, Scott et al. 2006).

El acero 1040 debe ser precalentado de 300 a 500 grados F (148,89 a 200 grados C) antes de ser soldado y se recalienta entre 1.100 y 1.200 grados F (593,33 a 648,89 grados C) después de la soldadura, aconseja All Metals Forge Group (Grupo de todos los metales y forja). De lo contrario, la zona cerca de la misma puede desarrollar grietas o volverse frágil y causar que las partes fallen durante su uso.

2.3.2. Resistencia a la tracción.

La resistencia a la tracción es la carga máxima que un material soporta antes de romperse, explica Instron, un laboratorio de pruebas de materiales. Las últimas pruebas de resistencia a la tracción es un ensayo de destrucción. El propósito es encontrar el punto en el que un material producirá un error al apoyar una carga dada o mantener una fuerza en conjunto.

El acero 1040 soportará 408,23 N/mm de fuerza por 25 mm cuadrada antes de que falle, si se trata de laminado en caliente, de acuerdo con Engineers Edg, un sitio web para los diseñadores de productos, ingenieros y profesionales de la fabricación.

Esta fuerza se reduce a 0.5895017 megapascal cuando el acero se ha normalizado, o ha regresado a lo más similar posible al estado en que se encontraba cuando se produjo. La resistencia a la tracción disminuye aún más, a 0.4981462 megapascal, cuando se ha recocido, o llevada a su punto más suave mientras se enfría.

La normalización y el recocido son dos ejemplos de tratamientos térmicos. El tratamiento térmico de la temperatura del acero se cambia con el fin de alterar su estructura molecular

y cambiar su reacción a diferentes fuerzas durante la forja y la fabricación, de acuerdo con el tutorial metalúrgico de tratamiento térmico de David Pye en Moldmaking Tecnología.

2.3.3. Ductilidad.

La ductilidad es la capacidad de un material para cambiar de forma bajo tensión y la fuerza sin romper, de acuerdo con Engineers Edge. También es una medida para saber hasta qué punto un material se estira o propaga sobre una fuerza antes de que se agriete o se separe.

Mientras más dúctil es un metal, más fácil es de deformar y reformar sin aplicar calor. Los fabricantes de automóviles toman ventaja de la ductilidad del acero cuando construyen lo que se llama "zonas de deformación". Estas son partes de un coche que son intencionalmente diseñadas para arrugarse por la fuerza, absorbe el impacto y previene de lesiones al conductor y los pasajeros.

El acero 1040 puede ser deformado a poco menos del 28 por ciento de sus dimensiones originales, con un 54,9 por ciento de reducción en el área, de acuerdo con MatWeb.

La reducción de la superficie es la diferencia entre la pieza original antes de la prueba y la superficie mínima después de la ruptura, dividida por el área de la pieza original, tal como indica Engineers Edge.

2.4. Cálculo de la fuerza del sistema de transmisiones mecánicas del equipo de transporte continuo de la Empresa Agroindustrial Azucarera Mario Muñoz Monroy.

Se realiza un cálculo de un sistema de transmisiones mecánicas para obtener la fuerza que actúa sobre el componente de sujeción.

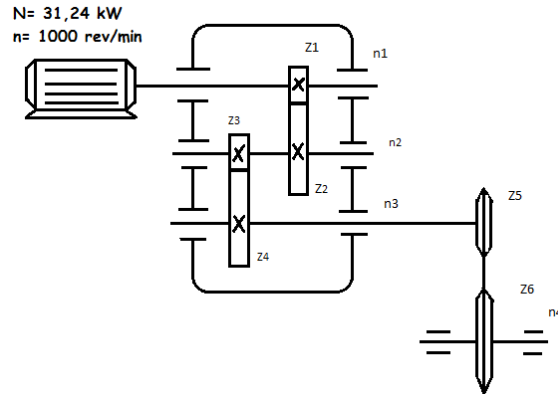


Figura 2.1. Esquema del sistema de transmisiones mecánicas del equipo de transporte continuo de la Empresa Agroindustrial Azucarera Mario Muñoz Monroy.

2.4.1. Cálculos de la razón de transmisión

La siguiente ecuación generaliza el concepto de razón de transmisión a otros parámetros de amplia utilización en la práctica de ingeniería.

$$u_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{Mt_2}{Mt_1 \cdot \eta} \quad (2.1)$$

Donde:

- d_1 y d_2 son los diámetros primitivos, (mm).
- n_1 y n_2 son las frecuencias de rotación en (min^{-1} .)
- Mt_1 y Mt_2 son los momentos torsores o torques de entrada y salida, (Nmm.)
- η es la eficiencia o rendimiento de la transmisión en el escalón analizado.

2.4.2. Cálculo de la velocidad circunferencial del par dentado.

Ecuación para el cálculo de la velocidad:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60 \cdot 1000} = \frac{z \cdot t \cdot n}{60 \cdot 1000} \quad (2.2)$$

- d - Diámetro primitivo del piñón (mm).

- n - Revoluciones a la entrada (min^{-1}).
- t-Paso (mm)
- z- Número de dientes

2.4.3. Cálculo de la fuerza periférica.

Con la velocidad obtenida y la potencia en el árbol de salida (árbol 4). Se calcula la fuerza periférica que actúa sobre la pieza. Utilizando la siguiente ecuación:

$$P = \frac{N}{V} \quad (2.3)$$

- N-potencia del motor
- V- velocidad

2.5. Cálculo de la unión soldada

2.5.1. Coordenadas del centro de gravedad del cordón de soldadura

Ecuación para el calculo del centro de gravedad:

$$X_c = \frac{b^2}{2b+d} \quad (2.4)$$

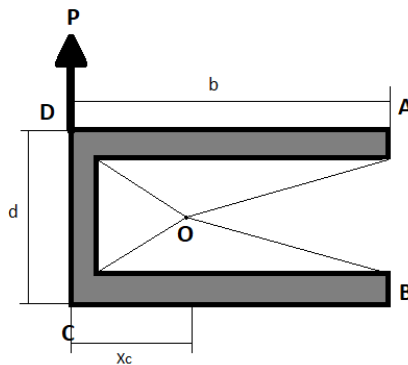


Figura 2.2. Esquema de la forma de la soldadura del componente de sujeción de las tablillas del equipo de transporte continuo de la Empresa Agroindustrial Azucarera Mario Muñoz Monroy.

2.5.2. Traslado paralelo de la carga al centro de gravedad de la soldadura. Cálculo del momento torsor.

Ecuación:

$$M_t = P \cdot (X_c) \quad (2.5)$$

- M_t - Momento torsor
- P - Fuerza periférica

La carga de P produce una cortadura en el cordón de soldadura; Distribuye esta carga por unidad de longitud del cordón y llama q a esta carga (supone que la carga se distribuye uniformemente)

$$q = \frac{P}{2b+d} \quad (2.6)$$

Es bueno recordar que no se calcula la tensión producto de que no se conoce el espesor del cordón de soldadura.

2.5.3. Determinar la carga que origina el momento torsor.

Estas cargas en los puntos de soldadura son perpendiculares a los radios trazados desde el centro de gravedad y hasta los puntos en cuestión.

La tensión q se crea producto del momento torsor es:

$$\tau = \frac{M_t}{W_p} \quad (2.7)$$

- τ - tensión tangencial (N/mm^2)
- W_p – módulo de la sección en la torsión (mm^3)

Donde:

$$Wp = \frac{(2b+d)^2}{12} - \frac{b^2(b+d)^2}{2b+d} \quad (2.8)$$

Debemos recordad que el caso que vayamos a operar tensiones las mismas deben elevarse a carga por unidad de longitud para poderla operar con la anterior calculada.

qtA = carga por unidad de longitud producto del torsor

$$qtA = Z^*(AO)$$

$$qtAx = qtA * \cos\alpha$$

$$qtAy = qtA * \text{sena}\alpha$$

Sumamos qtAy y la carga de cortadura q calculamos previamente obtenemos la carga distribuida vertical

$$qv = qtAy + q \quad (2.9)$$

Para calcular la carga que actúa en el punto se utiliza la siguiente ecuación:

$$F = \sqrt{qv^2 + qtAx^2}$$

2.5.4. Cálculo del espesor del cordón de soldadura

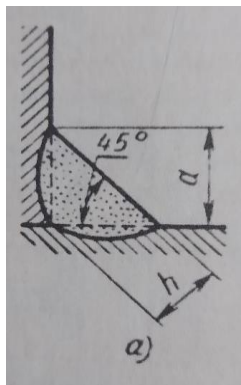


Figura 2.3. Sección transversal de la soldadura con costura normal. Fuente: Dobrovolski (1980).

Ecuación para calcular el espesor del cordón de soldadura:

$$\frac{F}{0.7a} \leq Ks \quad (2.10)$$

- F - carga por longitud de soldadura.
- espesor del cordón de soldadura

Si a la longitud la multiplicamos por el espesor del cordón, entonces obtendremos el área de cortadura del cordón. Aquí se toma como espesor del área de cortadura 0.7 a que es el área menor.

$$Ks = 0.6 * [\delta_{trac}] \quad [\delta_{trac}] = 379 \text{ Mpa} \quad \text{Fuente: Dobrovolski (1980)}$$

Entonces:

$$a = \frac{F}{0.7 * Ks} \quad (2.11)$$

2.6 Diseño de tecnologías de soldadura con electrodos metálicos revestidos.

Se utiliza el software **Opifex Spark/SMAW** para elaborar la carta tecnológica de la soldadura, la preparación de bordes, las dimensiones de la costura, el régimen de soldadura, los costos del proceso y el resto de la información necesaria para ejecutar la soldadura como se muestra posteriormente en el capítulo 3.

2.7 Comprobación de las cargas que actúan sobre la pieza.

En el software **SOLIDWORKS** se realizan una simulación a la pieza mostrada en la figura 2.4 mediante el método de elementos finitos para comprobar las cargas que actúan sobre la pieza y así conocer de las diferentes tensiones, deformaciones y el desplazamiento para el correcto diseño de la pieza.

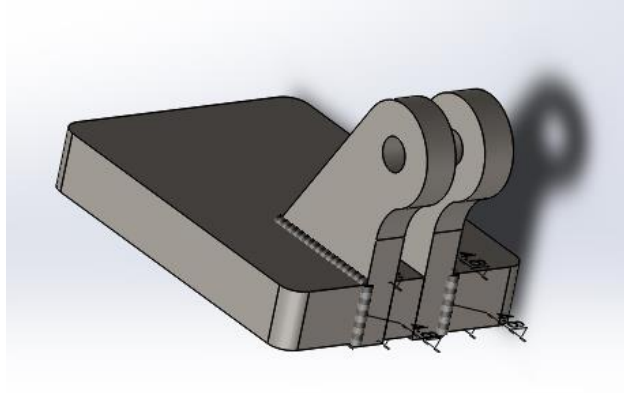


Figura 2.4. Mecanismo de sujeción.

2.7.1. Tensiones y deformaciones planas.

En general las tensiones y deformaciones en una estructura constan de seis componentes para las tensiones, ver figura 1.1, y seis para las deformaciones:

Tensiones: $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z, \tau_{xy}, \tau_{yz}, \tau_{xz}$

Deformaciones: $\epsilon_x, \epsilon_y, \epsilon_z, \gamma_{xy}, \gamma_{yz}, \gamma_{xz}$

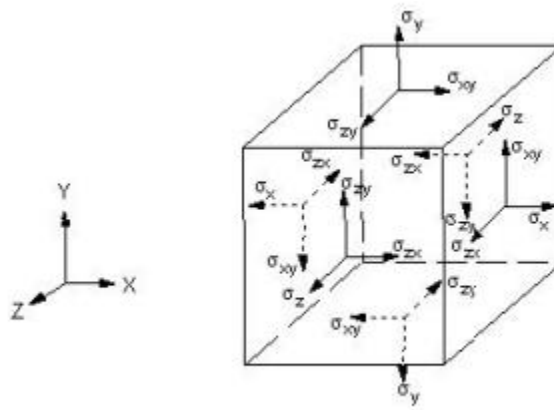


Figura 2.5. Componentes de la tensión. Fuente :Quintero (2008)

Bajo ciertas condiciones el estado de las tensiones y deformaciones puede ser simplificado. Por lo tanto, el análisis estructural general tridimensional puede ser reducido a un análisis bidimensional, permitiendo un número de asunciones de simplificación en su tratamiento. El espesor sirve como medio de clasificación dentro de

este tipo general de problema. Normalmente el criterio de tensión plana es aplicado a los miembros que son relativamente delgados en relación con las otras dos dimensiones, mientras que el método de deformación plana para los miembros relativamente gruesos.

2.7.2. La tensión de von Mises.

La tensión de von Mises es la tensión equivalente. Para los materiales dúctiles durante los cálculos de diseño los niveles de tensión se consideran seguros si:

$$\sigma_e \leq \sigma_Y \quad (2.12)$$

Donde σ_e es la tensión de von Mises y σ_Y es el límite de fluencia del material.

La tensión de von Mises está definida por:

$$\sigma_e = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2} \quad (2.13)$$

Donde σ_1 , σ_2 y σ_3 son las tres tensiones principales en un punto determinado de la estructura. Las tensiones son usualmente promediadas en los nodos para proveer valores de tensiones más exactas exceptuando los casos de los nodos entre dos materiales u otra discontinuidad geométrica donde existan discontinuidades de la tensión.

Conclusiones parciales.

1. Se expone la caracterización de la Empresa Agroindustrial Azucarera Mario Muñoz Monroy y se enfatiza en su misión y visión.
2. Se analiza el material más factible a utilizar (el Acero AISI 1040)
3. Se seleccionaron los métodos para la obtención del espesor del cordón de soldadura que permita la seguridad de la tablilla y la disminución de las roturas.

Capítulo 3 Análisis de los Resultados

En este capítulo se expone el análisis realizado para conocer el material adecuado para el diseño en cuestión de los resultados obtenidos en cuanto a los cálculos que fue necesario realizar. Se analizan los posibles daños ambientales que pueden ocurrir durante la elaboración de piezas por procesos de arranque de virutas. Se determina los costos de fabricación y de elementos que deben ser importados.

3.1. Cálculo de la fuerza de un sistema de transmisiones mecánicas

Datos iniciales

Motor

Potencia del motor

N motor= 31.24 kW

Revoluciones del motor

$n_1 = 1000 \text{ min}^{-1}$

Reductor

Potencia en el arbol de baja 30 kW

Revoluciones en el arbol de alta 1000 rev/min

Relacion de transmición general $U=18.27$

Relacion de transmicion en el arbol de alta $U=4.06$

Relacion de transmicion en el arbol de baja $U=4.5$

$Z_1=26$ $m=3$

$Z_2=106$ $m=3$

$$Z3=27 \quad m=4$$

$$Z4=121 \quad m=4$$

Cadena de simple hilera (usa dos una en cada extremo de la tablilla)

$$Z5=27$$

$$Z6=46$$

Paso 6

Relacion de transmicion $u=1.725$

3.1.1 Cálculos de la razón de transmisión.

En la tabla 3.1 se muestra se muestran los resultados alcanzados mediante los cálculos realizados al sistema de transmisiones mecánicas del equipo de transporte continuo.

Tabla 3,1. Cálculo de la razón de transmisión.

Revoluciones en el árbol de salida (min^{-1})	32.13
Velocidad (m/s)	0.15
Revoluciones del árbol de salida teniendo en cuenta las pérdidas (min^{-1})	29.40
Fuerza periférica (N)	196000

La fuerza periférica P se divide en dos por tener dos cadenas idénticas una en cada extremo de la tablilla

Entonces:

$$P = 98000 \text{ N}$$

3.2. Cálculo de la unión soldada

Datos iniciales.

$P = 98000 \text{ N}$

$b = 70 \text{ mm}$

$d = 31 \text{ mm}$

En la tabla 3.2 se muestran los resultados alcanzados mediante los cálculos realizados para la obtención del espesor del cordón de soldadura.

Tabla 3.2. Cálculo de la unión soldada.

Coordenadas del centro de gravedad (mm)	28.65
Momento torsor (Nmm)	2807700
Carga (N/mm)	573.09
Tensión (N/mm)	22.57
Carga por unidad de longitud producto del momento torsor (N/mm)	981.56
Carga distribuida total (N/mm)	1491.88
Carga en el punto (N/mm)	1526.94
Longitud del espesor del cordón de soldadura (mm)	9.59

El espesor de soldadura se divide en dos por tener dos cordones de soldadura idénticos.

Entonces

$a = 4.8 \text{ mm}$

Si queremos darle a la soldadura un coeficiente de seguridad mayor basta multiplicar dicha dimensión por el valor del coeficiente de seguridad.

3.3. Diseño de tecnologías de soldadura con electrodos metálicos revestidos mediante el software Opifex Spark/SMAW

En la figura 3.1 se muestra el diseño de tecnologías de soldadura utilizado en el componente de sujeción de las tablillas del transportador.

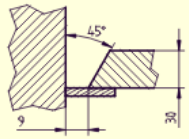
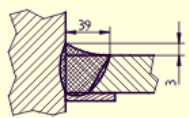

DATOS				ELECTRODOS								
GEOMETRÍA DE LA UNIÓN				PASADAS DE RAÍZ		PASADAS DE RELLENO		PASADAS DE SELLADO				
TIPO DE UNIÓN	EN T			MARCA	Atom Arc 7018		Atom Arc 7018		-			
POSICIÓN	PLANA (PA)			FABRICANTE	ESAB		ESAB		-			
DIMENSIONES				CÓDIGO AWS		E7018		E7018		-		
ESPESOR DE LA PLANCHAS	30		mm	DIÁMETRO	4,8		mm	-		mm		
LONGITUD DE LA COSTURA	170		mm									
MATERIAL BASE				RÉGIMEN DE SOLDADURA								
NORMA	AISI			PASADAS DE RAÍZ		PASADAS DE RELLENO		PASADAS DE SELLADO		TOTAL	UNIDAD	
MARCA	1040			CANTIDAD DE PASADAS	1		15		-		16	-
TIPO DE MATER.	ACERO AL CARBONO			INTENSIDAD DE CORRIENTE	260		260		-		-	A
MÁQUINA DE SOLDADURA				POLARIDAD	CC- (CCEP)		CC- (CCEP)		-		-	-
MARCA/MODELO	Infra/SRH-452-ES			CONSUMO DE ELECTRODO	0,07		1,29		-		1,36	kg
RANGO CORR.	(45 ... 400) A			CONSUMO DE ELECTRICIDAD	0,24		4,52		-		4,76	kWh
TIPO DE CORR.	CC (CONTINUA)			TIEMPO TECNOLÓGICO	18		33,7		-		35,5	min
COSTURA				TIEMPO AUXILIAR	-		-		-		10,7	min
PREPARACIÓN DE BORDES				TIEMPO DE SERVICIO	-		-		-		14	min
CÓDIGO	1.10		NORMA	NC-ISO 9692-1 2011		-		-		2,8		min
CROQUIS				PRECALENTAMIENTO		REQUERIMIENTOS TECNOLÓGICOS						
				TEMPERATURA	195		°C		Secar los electrodos antes de soldar			
				TRATAMIENTO TÉRMICO POSTERIOR								
				TEMPERATURA	650		°C					
				TIEMPO DE PERMANENCIA	72		min					
DIMENSIONES DE LA COSTURA				COSTOS								
				COSTO DE ELECTRODO	1,09		CUP					
				COSTO DE MANO DE OBRA	18,06		CUP					
				COSTO DE ELECTRICIDAD	7,52		CUP					
				COSTO TOTAL	26,67		CUP					
				EQUIPAMIENTO AUXILIAR								
				PORTAELECTRODO	Medio				PROCESO SOLDADURA MANUAL CON ELECTRODO REVESTIDO			
				CABLE	1/0 x 15 m							
				FILTRO VISUAL	No. 11							
				TECNÓLOGO	Eduardo		2022.11.30					
				SOLDADOR	Robertico							
				SUPERVISOR	Orches							
				RESPONSABLE	Ulises				00001		OBJETO	Junta soporte
										COSTURA		T-15

Figura 3.1 Diseño de tecnologías de soldadura con electrodos metálicos revestidos.

3.4 Comprobación de las cargas que actúan sobre la pieza mediante el software SOLIDWORKS.

Al aplicar la carga en una región de altas tensiones se comienza a formar debajo de la frontera común de la superficie. Eventualmente el material fluye en esta región de alta tensión y se forma un núcleo plástico. El núcleo plástico está rodeado de material elástico, lo cual disminuye en la medida que el modelo sea sometido a cargas mayores.

En las cargas superiores el núcleo plástico se expande tridimensionalmente por la superficie, y también hacia el centro del modelo.

La razón de que la región plástica se expanda es porque el material que está fluyendo plásticamente ya no resiste la carga adicional. Por consiguiente, cualquier carga adicional es soportada por las regiones elásticas circundantes. Es decir, cuando el límite de elasticidad es excedido, las deformaciones posteriores resultan en movimiento de las dislocaciones, alteración de la red cristalina, y la formación de micro-tensiones, pero sin incremento adicional en la tensión macroscópica. Aunque las tensiones residuales resulten de una deformación plástica no-uniforme, todas las macro-tensiones residuales remanentes después de la deformación son necesariamente elásticas.

3.4.1. Análisis de la formación de la tensión residual.

En este análisis es usado el valor de la tensión de von Mises para predecir la fluencia del material. La tensión de von Mises (ver figuras 3.2) muestra cuan “intenso” es el estado de tensión relativo al límite de fluencia. Sin embargo, como es una magnitud positiva, no revela si el material está sometido a tensiones de tracción, compresión, cortante, etc.

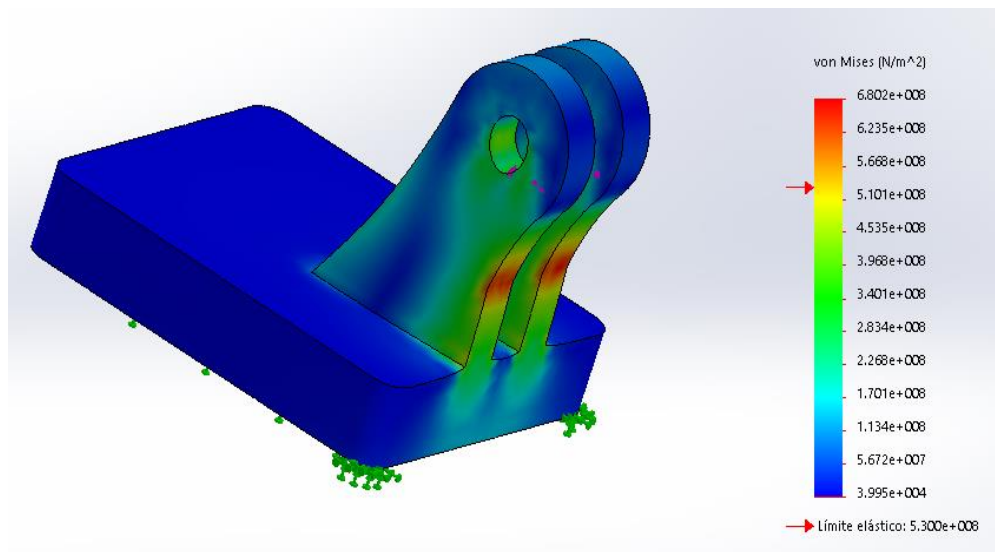


Figura 3.2 Gráfico del contorno de las tensiones de von Mises.

Según lo conocido, cuando el modelo plásticamente deformado se descarga, el material elástico intenta restaurar su forma original. Sin embargo, las regiones plásticamente deformadas inhiben esto dado que la “memoria” o “estado” del material ha cambiado.

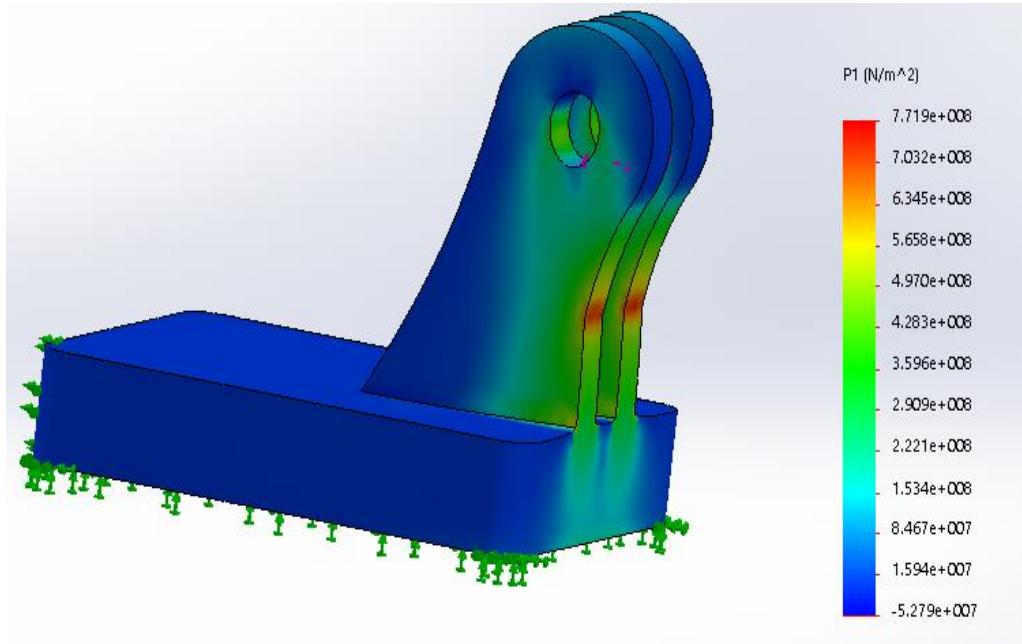


Figura 3.3. Gráfico de la primera tensión principal

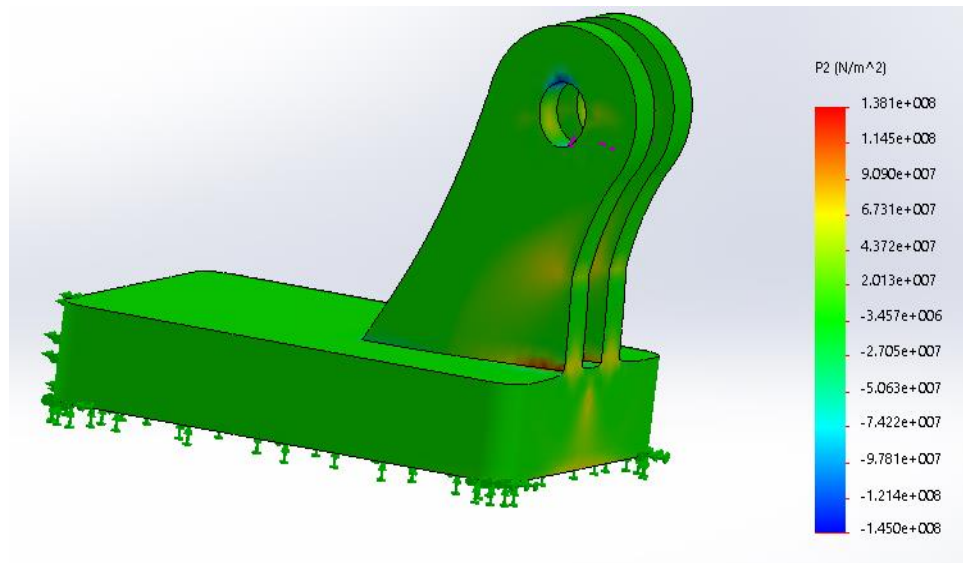


Figura 3.4. Gráfico de segunda tensión principal

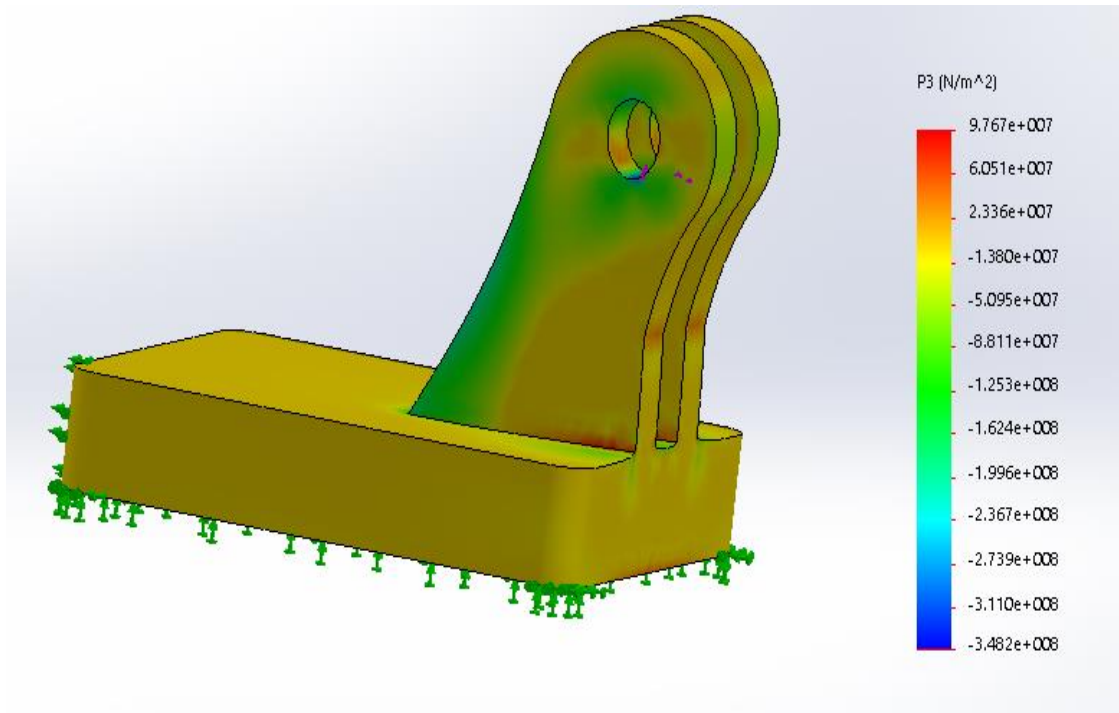


Figura 3.5. Gráfico de tercera tensión principal

De Resistencia de Materiales se conoce la relación existente entre las componentes de la tensión, las tensiones principales (Figura 3.3, 3.4 y 3.5) y la tensión equivalente o de von Mises (Figura 3.2), por lo que una tendencia determinada en las componentes de la tensión repercute en las tensiones principales y por ende en la equivalente.

3.4.2. Análisis del desplazamiento.

La figura 3.6 muestran el desplazamiento de la superficie en la dirección vertical para el modelo utilizado. Este gráfico muestra la evolución de la deformación de la superficie con el crecimiento de las cargas aplicadas.

Como se esperaba, los desplazamientos que coinciden con la dirección de aplicación de la carga, se incrementan con el aumento de la misma, siendo mayores en el propio punto de aplicación.

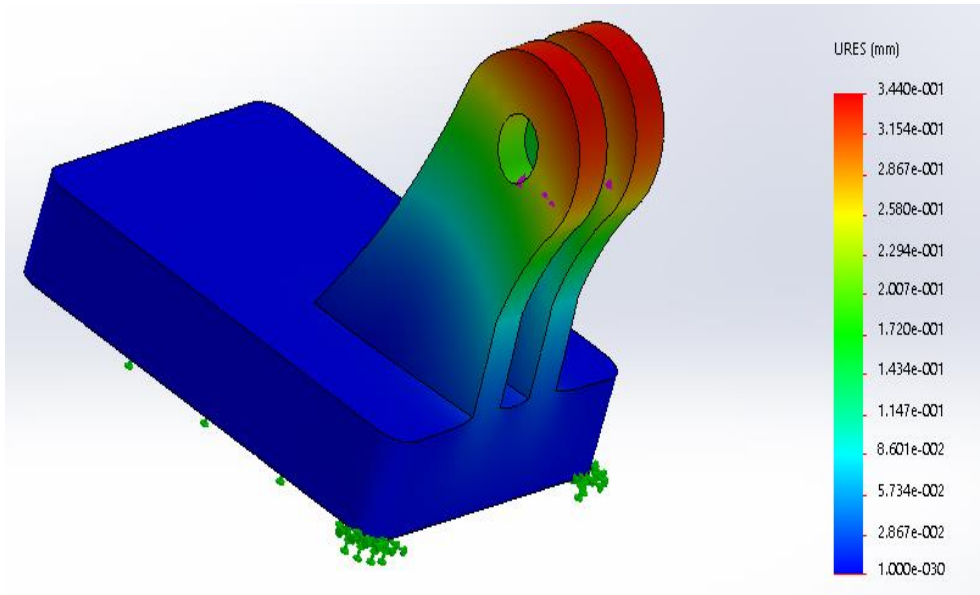


Figura 3.6. Gráfico de los desplazamientos resultantes.

3.4.3. Análisis de las deformaciones.

La figura 3.6 muestra las deformaciones de la superficie en las diferentes direcciones para el modelo utilizado. Estos gráficos muestran la evolución de las deformaciones de las superficies con el crecimiento de las cargas aplicadas.

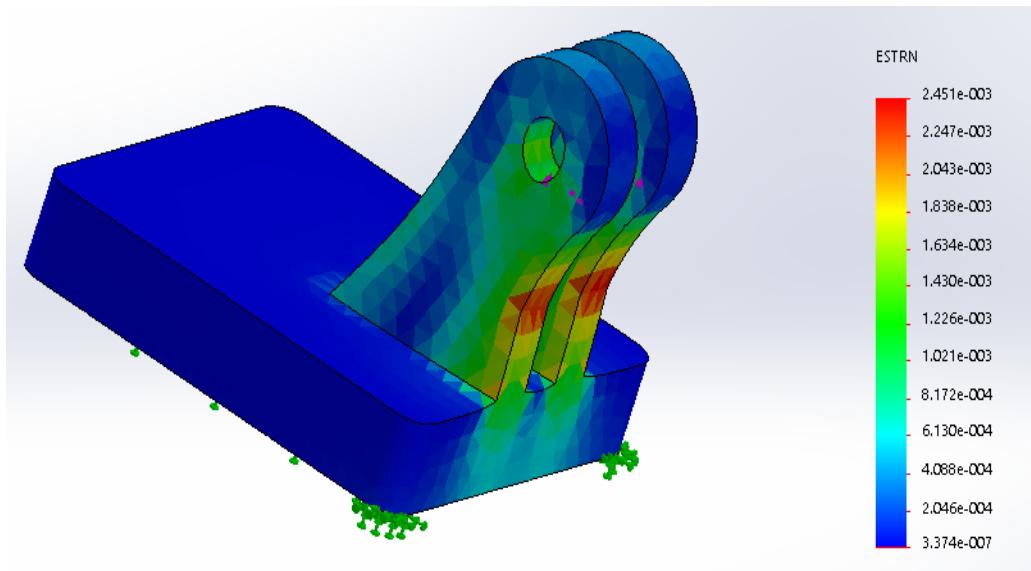


Figura 3.7. Gráfico de deformaciones unitarias equivalente

3.5. Problemática ambiental del mecanizado de los diferentes componentes de la máquina.

Dentro de las problemáticas a las que conlleva el proceso de mecanizado podemos encontrar ejemplos como:

Residuos de fluido de corte agotado: los residuos de fluido de corte agotado, pueden ser clasificados en residuos de fluido de corte acuoso (taladrinas) y de aceites de corte. Los fluidos de corte se transforman en residuos cuando su naturaleza física y química se degrada de tal manera que no pueda cumplir aquellas funciones para las que fueron destinados: lubricar, refrigerar y limpieza de área de mecanizado.

Fugas y salpicaduras.

Virutas y lodos metálicos.

Contaminación del suelo industrial.

Nieblas y otras emisiones ambientales: también conocido como niebla de aceite, son una de las problemáticas ambientales con mayor impacto en la salud laboral. La alta velocidad de giro de la máquina y herramienta y la presión de suministro de fluido de corte, propicia la formación de gotas microscópicas de fluido de corte que se dispersan en el ambiente laboral. La problemática ambiental en estos casos está asociado al riesgo de ingestión por vía respiratoria de compuestos que representan riesgo para la salud.

3.6 Análisis de los costos de la soldadura.

Se tiene en cuenta que el pantógrafo ya ha sido amortizado, solo es necesario conocer para la realización del cálculo económico: el gasto de energía eléctrica y el salario del operario y el costo de los electrodos. En la tabla 3.1 son mostrados los resultados.

Tabla 3.1: Análisis de los costos de la soldadura.

<i>Elementos</i>	<i>Costo (CUP)</i>	<i>moneda (CUP)</i>
Electrodo (Atom Arc 7018)	1.09	CUP

Mano de obra	18.06	CUP
Electricidad	7.52	CUP
Total	26.67	CUP

Conclusiones parciales

1. Se realizó el cálculo del cordón de soldadura para el correcto diseño del modelo de sujeción de las tablillas y se obtuvo un valor de 4.8mm.
2. Se realizó un diseño de tecnologías de soldadura con electrodos metálicos revestidos
3. El costo de la soldadura es de 26.67.CUP.

Conclusiones

1. Se profundizó en las partes esenciales de los equipos de transporte continuo y se especificó el transportador de tablillas, equipo que por su importancia son centro de numerosas investigaciones en aras de mejorar sus parámetros técnicos-explotativos.
2. Se determinó el material a utilizar para el diseño de la sujeción de las tablillas, el Acero AISI 1040 y el método para calcular el espesor del cordón de la soldadura que permita la seguridad de la tablilla y la disminución de las roturas. Se comprobó la resistencia de la soldadura mediante el software SOLIDWORKS que este utiliza el método de elementos finitos. Se realizó un diseño de tecnologías de soldadura con electrodos metálicos revestidos mediante el software Opifex Spark/SMAW.
3. Los valores de los principales parámetros para el diseño de la pieza sujeción de las tablillas del transportador de tablillas tales como los planos, elección del material, resistencia a tracción, ductabilidad, fuerza y unión de soldadura se encuentran en los rangos referidos por investigadores reflejados en la bibliografía detallada en el trabajo.

Recomendaciones

1. Determinados los parámetros para el diseño de la pieza sujeción de las tablillas del transportador de tablillas, pasar a la etapa de fabricación y montaje del mismo.
2. Realizado el montaje de la pieza sujeción de las tablillas llevar a término las pruebas explotativas, con la finalidad de comprobar su eficiencia productiva.
3. Evaluar la efectividad económica del nuevo diseño una vez instalado.
4. Realizar una optimización topológica del mecanismo de sujeción de las tablillas para disminuir el peso de la pieza.

Referencias Bibliográficas

AGUILAR, F. (2002). "Máquinas de transporte continuo." Monografía. CUJAE, La Habana, Cuba.

Barreras, P. A. and M. G. Domínguez (2001). "Análisis estructural de un transportador de banda.//Structural analysis of a band conveyor." Ingeniería Mecánica 4(3): 63-70.

Casal, R. R. O. (2002). "Valoración energética de algunos accionamientos industriales de un central azucarero." Centro Azúcar 29(3): 83-89.

CASTELLANOS, E. P., et al. (2007). "Análisis de la relación entre los parámetros de funcionamiento y el índice consumo en transportadores de tablillas." Revista Centro Azúcar 34(3).

Dobrovolski, V. (1980). Elementos de Maquinas Moscu.

Forjas Bolivar (2021). "Transportador de tablillas inclinado." from <https://www.forjasbolivar.com>.

García Narváez, H. E. (2010). Diseño y simulación de un sistema de transporte continuo de capacidad 500 KG/HR, QUITO/EPN/2010.

Guerra, O. and M. José (1988). "Máquinas de transporte continuo Tomo I." Ciudad Habana): Editorial Pueblo y Educación.

MARULANDA, J., et al. (2009). "Protección contra la corrosión por sales fundidas de un acero al carbono por rociado térmico." Dyna 76(157): 251-256.

Morales, A. C., et al. (2006). "CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL QUE SE UTILIZA PARA FABRICAR LAS TABLILLAS PARA TRANSPORTADORES CAÑEROS." Revista Centro Azúcar **33**(1).

Oriol, G. and P. Aguilar (1995). "Máquinas de transporte continuo." Pueblo y educación.

ORIOLO, G. and P. AGUILAR (1995). "Máquinas de transporte continuo. T I. Pueblo y Educación. 1995. 235 p."

Oriol Guerra, J. M. (1988). "Máquinas de transporte continuo". La Habana.

Oriol, J. (1998). "Conferencias de Máquinas de Transporte Continuo." La Habana: Editorial Ciencia y Educación.

Parés, F. A. (2003). "Selección de cadenas para equipos de transporte continuo.//Chain selection software for continuous conveyors." Ingeniería Mecánica **6**(1): 77-82.

Pérez, R. M. R. and E. E. P. Castellanos (2015). "Análisis de relación entre parámetros de funcionamiento y consumo de energía en transportadores de tablillas." Innovación Tecnológica **21**(1).

Quintero, O. G. (2008). Endurecimiento Subestructural en Engranajes

Cilíndricos de Dientes Rectos.

Reyes Quintana, L. (2016). Factibilidad de la utilización de cojinetes de rodamiento en el órgano de tracción de un transportador de tablillas, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Facultad de Ingeniería

Rodriguez, P. (2013). Manual de soldadura, TECNIBOOK EDICIONES.

SolidWorks, D. S. (2005). "SolidWorks®." Version Solidworks 1.

Systemes, D. (2011). "Solidworks. 2019." Dessault Systemes: Vélizy-Villacoublay, France.

Anexos



Anexos 1,2 y 3. Vistas del nuevo componente de sujeción.



Anexo 4. Vista de la tablilla con el nuevo componente de sujeción.



Anexo 5. Vista de la tablilla fijada a la cadena