

**CONJUNTO TORNILLO ALIMENTADOR CON COMPONENTES MECÁNICOS
MODIFICADOS DIMENSIONALMENTE PARA EL PROCESO DE
PRODUCCIÓN DE PULPA COCIDA A PARTIR DE BAGAZO DE CAÑA DE
AZÚCAR
CAMPO DE LA INVENCION**

La presente invención se refiere al cambio dimensional de los componentes mecánicos del conjunto tornillo-alimentador comprendido en el digestor utilizado en el proceso de producción de pulpa cocida a partir de bagazo de caña de azúcar, permitiendo un aumento en la tasa de producción de pulpa para la fabricación de papeles de impresión, empaque y escritura.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

A lo largo del tiempo, la fabricación de la pulpa para el papel se ha posicionado como una de las industrias más antiguas y grandes del mundo, debido a los distintos usos dados tanto a la pulpa como al mismo papel. De hecho, existen fábricas en más de 100 países en todo el mundo, con más de 2.5 millones de personas directamente empleadas, donde los mayores productores de papel hoy en día son Alemania, Brasil, Canadá, China, Estados Unidos, Finlandia, Francia, Japón y Suecia.

Así, a medida que el tiempo y la tecnología ha avanzado, el proceso para obtener papel y los productos relacionados y derivados de él se ha tecnificado y modificado. Concretamente, antes de la invención del papel, el hombre grababa sus anotaciones en piedras, y escribía en lápidas de arcilla, papiro y pergamino. El papiro fue el precursor del papel, y su procesamiento se realizaba desde Egipto en épocas muy remotas. Específicamente, la fabricación de papiro se realizaba descortezando las fibras gruesas de la planta de papiro y dejándolas entrecruzadas sobre una superficie dura y lisa, y comprimiéndolas hasta formar una hoja. La superficie de dicho papel o papiro se homogenizaba frotándolo con un marfil o con una piedra.

Sin embargo, hoy en día la producción de papel a nivel industrial se realiza principalmente a partir de fibras de celulosa presentes en las plantas. Estas fibras pueden provenir de diferentes vegetales tales como bambú, algodón, caña de azúcar, entre otras, dando como producto principal un tejido de fibras vegetales con alto contenido de celulosa, denominado papel. A este respecto, es de resaltar que los principales procesos para la fabricación de pulpa y papel han sido desarrollados para ser aplicados a la madera. No obstante, la obtención de estas fibras también se ha derivado del bagazo de caña de azúcar.

A partir de la caña de azúcar no sólo se produce azúcar, de hecho, es una planta de la cual se derivan distintos productos y subproductos. Específicamente, la caña de azúcar se caracteriza por ser un recurso natural de alta producción, en donde su cosecha se realiza durante un año de manera manual o mecánica y es renovable en cortos períodos de tiempo, por lo que la fibra de caña de azúcar se considera un residuo agroindustrial.

Particularmente, de la caña de azúcar es posible utilizar cada uno de sus componentes, por ejemplo, las hojas y el bagazo son utilizados en alimento para ganado y porcinos, y de la combustión del bagazo se genera energía eléctrica. Adicionalmente, la fibra del bagazo de caña de azúcar sirve para la fabricación de papel, siendo esta biodegradable y reciclable, lo que la posiciona como una fibra responsable con el medio ambiente.

Asimismo, el bagazo de la caña de azúcar se caracteriza por ser un material fibroso, heterogéneo que presenta una composición granulométrica y estructural, que presenta relativamente baja densidad y un alto contenido de humedad, en las condiciones en que se obtiene a partir del proceso de molienda de la caña. Dicho bagazo se compone de dos estructuras principales: la fibra y la médula, por lo que, dentro del proceso de producción de pulpa, se realizan una serie de tratamientos y separaciones físicas y químicas para obtener la mayor cantidad de fibra apta posible.

Concretamente, la fibra está compuesta por celulosa, hemicelulosa, lignina y otros componentes que intervienen en diferentes etapas del proceso de fabricación de pulpa, así como, en la obtención de producto deseados como papeles de escritura, empaque e impresión. Por ejemplo, la celulosa es un polisacárido que determina el uso y la calidad en el proceso de fabricación del papel, la hemicelulosa es un polímero que contiene varios tipos de azúcares y está en menor porcentaje en la pulpa que en el material original, por lo que es más fácil su degradación y disolución que la celulosa, la lignina es una sustancia amorfa y altamente polimerizada cuya función principal es la de mantener unidas las fibras de la planta, y otros componentes que corresponden a sustancias solubles en agua que, dependiendo de la planta, pueden ser ácidos, fenoles, alcoholes, entre otros.

En la actualidad, el proceso de producción de pulpa a partir de bagazo de caña de azúcar para fabricación de papeles de impresión, empaque y escritura involucra un proceso de desmedulado, un proceso de cocción, lavado y depuración, que son esenciales para obtener la pulpa deseada. Específicamente, una de las partes claves dentro de este proceso, corresponde al digestor, el cual permite transformar la materia prima inicial a pulpa. El digestor está compuesto por un tornillo para la alimentación de bagazo, tubos de cocimiento de fibra (tubos digestores), una cámara de extracción, y un tanque de soplado. De hecho, hoy en día, estos elementos se someten a distintas modificaciones en diseño, acordes con las capacidades de producción estimadas en la planta completa, para así garantizar un incremento en la producción de pulpa. Sin embargo, y pese a estas modificaciones, cuando se modifican estas estructuras, aún persisten problemas operativos como: atascamiento, presionamientos en el sistema, bloqueo del tornillo por fricción internamente, irregularidad del suministro de bagazo a los tubos digestores, operación inadecuada de la compuerta de obturación y por lo tanto es evidente la limitación en la tasa de producción de pulpa.

Por lo anterior, dentro de la industria, se han desarrollado un número importante de invenciones que involucran el conjunto del tornillo alimentador del digestor utilizado en el proceso de producción de pulpa cocida, plásticos, astillas de madera, aserrín, entre otros, que

tienen por objetivo, mejorar los procesos de producción de productos específicos, mitigando problemas dentro del proceso y además, aumentando la capacidad de producción.

Por ejemplo, el documento US 3,850,415 divulga una extrusora de tornillo para la producción de material plástico sintético que comprende un cuerpo con un orificio, una abertura de llenado que conduce a dicho orificio, y un tornillo montado de cierta manera, logrando la rotación en el orificio. Este sistema se caracteriza porque el área de sección transversal del orificio (la cual se encuentra adyacente a la abertura de llenado) tiene un área mayor que la del resto de elementos, por lo que la salida del extrusor puede aumentarse y así, de manera sorprendente, la ampliación del interior de la sección de llenado da como resultado un aumento en el incremento de la salida de la extrusora de tornillo ya conocida.

Adicionalmente, el documento US 4,074,803 menciona que desde la invención del proceso de despulpado termomecánico en la década de 1930, tanto los procesos como los aparatos de desfibración para la producción de pulpa han encontrado un uso comercial cada vez más frecuente, pero sistemas como los transportadores de alimentación de tornillo en espiral experimentan taponamiento frecuentes, el cual interrumpe el flujo uniforme de material a través del aparato, lo que implica un costo alto de tiempo de inactividad de la maquinaria. De hecho, hoy en día dentro del mercado existe baja disponibilidad de un conjunto tornillo alimentador que se caracterice por tener un funcionamiento óptimo. Teniendo en cuenta esto, y con el objetivo de reducir los problemas mencionados, el documento US 4,074,803 proporciona un tornillo alimentador mejorado que tiene una pluralidad de barras de tope posicionadas alrededor de la periferia de la entrada al cuello del tornillo alimentador, que se caracterizan por ser estrechas, alargadas en forma de cuña y colocadas simétricamente alrededor de la periferia interna del agujero curvo del tornillo alimentador, logrando una disminución de los problemas de taponamiento y una mayor capacidad de alimentación, entre el 10 y 20%.

Por otro lado, el documento WO 2017/200471 divulga que, en todo este proceso de producción de pulpa y papel, usualmente es común observar el taponamiento a lo largo de la sección donde se encuentra el tornillo alimentador con los materiales de transporte comprimidos y en proceso de transporte, provocando así una afectación y detenimiento en la producción. En este sentido, este documento proporciona un tornillo con diferentes relaciones dimensionales. Específicamente, dichas relaciones a nivel dimensional corresponden a: el diámetro exterior del tornillo frente al diámetro interior del tornillo (al principio y al final) con respecto a la sección de tornillo de alimentación respectivamente. Teniendo en cuenta lo anterior, este documento proporciona modificaciones dimensionales en la estructura de los componentes del tornillo alimentador, logrando una compresión isótropa en el transporte de material granular como astillas de madera, eficiencia energética y reducción del riesgo de taponamiento del material de transporte a lo largo del mismo. Así, las mejoras al diseño estructural del conjunto tornillo alimentador demuestran un efecto de compresión homogéneo del material en todas las direcciones de la sección de tornillo de alimentación, de manera tal que se evidencia un aumento en la capacidad de producción por la mejora en la disponibilidad del equipo.

Sin embargo, aunque las técnicas y los avances en los procesos desarrollados para la producción de pulpa y papel que involucran un sistema que comprende un conjunto tornillo alimentador han logrado progresos en el proceso de la producción de pulpa café a partir de bagazo de caña de azúcar, es evidente que aún existe una continua necesidad de mejora y modificación en dimensión y geometría interna de gran parte de los elementos del conjunto tornillo alimentador, incluido en el sistema general utilizado en la fabricación de papel a partir del bagazo de caña de azúcar, que si bien puede proporcionar mejoras en la tasa de producción de pulpa, también contribuya a llevar a cabo un proceso más eficiente a nivel energético y económico.

DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

La presente invención se entiende de forma más clara a partir de las siguientes figuras donde se muestran los elementos asociados a la presente invención, en donde, las figuras no pretenden limitar el alcance de la invención, el cual está únicamente dado por las reivindicaciones adjuntas.

La **FIGURA 1** corresponde al conjunto barras de desgaste-gargantas-anillo exprimidor.

La **FIGURA 2** corresponde al conjunto tornillo alimentador.

La **FIGURA 3** corresponde a una comparación entre la garganta original (ubicada en la parte derecha de la figura) y la modificada según la presente invención (ubicada en la parte izquierda de la figura), en donde se observa que el material retirado a todo lo largo de cada bolsillo es la diferencia con la garganta original, el cual es para aumentar capacidad de bagazo en proceso.

La **FIGURA 4** corresponde a una vista en corte transversal de un segmento del anillo exprimidor y un segmento de la garganta con barra de desgaste, en donde se evidencia el detalle interno de cada una de estas partes.

La **FIGURA 5** corresponde a una sección ampliada de los bolsillos de las gargantas, las barras de desgaste y el anillo exprimidor en donde se realizaron las modificaciones dimensionales.

NUMERACIÓN ELEMENTOS EN LAS FIGURAS

- 1 Tornillo alimentador
- 2 Anillo Exprimidor
- 3 Garganta
- 4 Bolsillos de exprimido en las gargantas
- 5 Espirales del tornillo

- 6 Tubo guiador
- 7 Barras de desgaste
- 8 Caras internas de la garganta
- 9 Trapezoide de material retirado
- 10 Ángulo cónico del ensamble
- 11 Altura mayor del trapezoide de material retirado
- 12 Altura menor del trapezoide de material retirado
- 13 Área transversal del bolsillo de exprimido original
- 14 Área transversal del bolsillo de exprimido modificado

- A Plano corriente abajo de la garganta
- B Plano medio de la garganta
- C Plano corriente arriba de la garganta
- i-vii Numeración de las caras internas de la garganta

RESUMEN DE LA INVENCION

El problema técnico planteado con la maquinaria actualmente utilizada en el proceso de fabricación de pulpa consiste en la ocurrencia de problemas de obstrucción y limitaciones estructurales del conjunto tornillo alimentador, localizado en el área de cocción de fibra de bagazo. Lo anterior, debido a que la configuración, el patrón dimensional, la operación del tornillo alimentador y la capacidad ofrecida por el equipo usado hasta el momento, ocasiona una restricción al flujo continuo de material, causando restricción en el incremento de la capacidad de producción y por lo tanto en la tasa de producción de pulpa.

Así, la presente invención propone como alternativa componentes mecánicos modificados dimensionalmente mediante el acondicionamiento de las medidas dentro de las zonas de trabajo entre el tornillo alimentador (1) y la garganta (3). Específicamente, dichas modificaciones se dan en la garganta (3) y el tornillo alimentador (1) del sistema general utilizado en el proceso de obtención de pulpa a partir de bagazo, en donde se amplía y se mejora la geometría de los bolsillos de las gargantas (4) (los cuales conforman el área del sistema de escurrido de la garganta), los espirales del tornillo (5), tubo guiador (6), barras de desgaste (7) y anillo exprimidor (2) (Figuras 1 a 3).

BREVE DESCRIPCION DE LA INVENCION

La producción convencional de pulpa cocida a partir de bagazo de caña de azúcar para la fabricación de papeles de impresión, empaque y escritura comprende diferentes secciones particulares tales como una zona o sección de preparación, desmedulado y lavado de bagazo, una sección de cocimiento de bagazo, una sección de lavado, depuración y almacenamiento de pulpa café, así como secciones de blanqueamiento y tratamientos químicos que permiten retirar impurezas y coloración a la pulpa.

Específicamente, para la producción de pulpa a partir de bagazo de caña, el proceso comienza con el transporte del bagazo desde los ingenios hacia la planta para ser almacenado. La planta cuenta con una zona de almacenamiento para tener un mejor control y realizar un óptimo manejo y rotación del bagazo que se envía a la planta de desmedulado. Posteriormente, el bagazo se alimenta a la planta de desmedulado (Figuras 1 y 5), en donde normalmente se cuenta con alimentadores rotatorios, alimentadores de bandas y de paletas que permiten obtener fibra apta, polvillo, aguas de desecho y arena.

En sí, el bagazo se envía a alimentadores rotatorios que lo dirigen a los desmeduladores secos que se encargan de retirar la mayor parte del polvillo (médula). El principio de funcionamiento consiste en alimentar bagazo a los equipos rotativos que cuentan con elementos que crean corriente de aire, además de golpear el bagazo para separar sus componentes, y unas cribas con una serie de perforaciones de diámetros definidos, las cuales sirven de medio de selección para separar el polvillo de la fibra.

Concretamente, el desmedulador consta de una carcasa cilíndrica con un rotor que soporta las cuchillas planas, cuchillas ventiladoras y martillos. La canastilla cilíndrica o criba de esta sección es de lámina en acero perforado. Así, el polvillo extraído en esta etapa es enviado a través de una banda transportadora a la caldera de potencia donde posteriormente se utiliza como combustible.

Siguiendo esta etapa, se lleva a cabo un lavado, que consiste en una serie de lavadoras con rotores, arreglados en fila donde se mezcla la fibra con aguas de proceso, el cual opera en conjunto con los desmeduladores secos y húmedos. El principio de funcionamiento de este lavado consiste en la flotación de la fibra en el agua, en donde las piedras, la arena y otros materiales pesados que provienen del bagazo, específicamente del proceso de la cosecha, quedan en el fondo. La función principal de la lavadora es la separación de materiales pesados de la fibra cruda dejando la fibra apta para ser tratada en el sistema de los desmeduladores húmedos. Bajo condiciones normales, en menos de un minuto la fibra puede transportarse a través de la lavadora, siendo esto, tiempo suficiente para que la fibra se humedezca completamente y forme una mezcla consistente y maleable, que es esencial para la eliminación efectiva de arena fina que esta incrustada en la fibra.

De las lavadoras, el flujo de fibra entra a los desmeduladores en húmedo que se encargan de retirar polvillo y otros componentes. Adicionalmente, dos transportadores reciben la fibra apta y se encargan de llevarla hacia el proceso de cocción.

Seguidamente se da la etapa del proceso de cocción del bagazo, en donde la fibra apta del proceso de desmedulado es recibida para ser transformada en pulpa cocida. Esta etapa es de gran importancia puesto que en ella se obtiene la pulpa café, dándole el grado de deslignificación sin daño de las propiedades físicas de la misma y así cumplir los parámetros de cantidad y calidad requeridos.

Posteriormente, la fibra que proviene de la planta de desmedulado cae al transportador de fibra apta hacia la sección de cocción, la cual cuenta con un electroimán que remueve los metales que puedan ir en la fibra. Al final, el material cae a un primer tanque de lavado, cuyos agitadores generan turbulencia para separar las materias contaminantes de la fibra apta. Aquí la fibra es bombeada, hacia un filtro rotatorio para remover contaminantes. Seguidamente, en el segundo tanque de lavado, se agregan aguas recirculadas de proceso con poca contaminación, y de este pasa a un segundo filtro rotatorio, donde se realiza una limpieza final. En este tanque la fibra se homogeniza mediante la acción de agitadores.

Así, la fibra apta es descargada a un ducto de alimentación del tornillo alimentador, el cual se compone de una sección cilíndrica que recibe el material para posteriormente dirigirlo a una sección cónica, en donde la fibra se comprime mecánicamente ayudada por la conicidad del tornillo y las gargantas perforadas continuando su paso por el tubo guiador, formando un bloque cilíndrico compacto de fibras de bagazo, que alimenta la fibra en forma continua al digestor.

El digestor del sistema en general se caracteriza por estar compuesto por un tornillo alimentador (1), tres tubos digestores, una cámara de extracción y un tanque de soplado, en donde a su vez el ensamble del tornillo alimentador (1) comprende componentes mecánicos como: garganta (3), anillo exprimidor (2), tubo guiador (6) y barras de desgaste (7) (Figura 1), que si bien permiten el procesamiento del bagazo y la obtención de la producción de pulpa, limitan la tasa de producción de esta, ya que los diseños actuales del equipo y sus elementos mecánicos presentan un límite máximo de capacidad, lo que en parte se debe a la geometría y dimensiones de los elementos mecánicos del digestor usado en este proceso.

Seguidamente y pese a lo anterior, el proceso usualmente desarrollado comprende una fase de compactación, en donde se extraen filtrados que son recolectados en la base de la campana del tornillo alimentador y enviados por gravedad a los tanques de lavado de bagazo. Al tubo guiador, se le adiciona licor de cocimiento y vapor, antes de entrar al primer tubo digestor. Aquí, uno de los factores de gran importancia dentro de este proceso es la cantidad de carga de alimentación de fibra, pues si se tiene poca carga, la presión interna de las cámaras de cocción, vence la presión mecánica del bloque cilíndrico compacto de fibras de bagazo, y ocasiona un flujo de material que arrastra fibras en proceso de cocción, licor y gases de vapor en contra corriente de la alimentación de fibra. El bloque cilíndrico compacto de fibras formado en el conjunto tornillo alimentador (1) se rompe al introducir en el tubo que recibe la fibra del tornillo alimentador (1) y la lleva hasta el primer tubo del digestor, el licor de cocimiento, al igual que el vapor, que ayuda a romper dicho bloque cilíndrico o tapón de fibra.

El tubo que recibe la fibra del tornillo alimentador está provisto de un elemento de cierre automático que evita que se devuelva el material fibroso y que tiene como función taponar

la zona de alimentación por medio de una campana sostenida por un pistón y así corregir cualquier rechazo de material por falta de carga. La fibra con licor de cocción y calentada por vapor, cae en el primer tubo de cocción donde es transportada y mezclada por el tornillo interior, al igual que en los otros dos tubos digestores de cada uno de los tres tubos. Los tubos digestores son de alimentación continua y tienen en su interior unos tornillos sin fin de velocidad variables.

Del último tubo digestor la pulpa cae a la cámara de extracción. Aquí se le adiciona licor negro enfriado proveniente de un intercambiador de calor para detener la reacción de cocción y diluir el material que se acumula.

La pulpa cocida es enviada a la parte superior del tanque de soplado y seguidamente, en la planta de lavado se separa la pulpa cocida del licor negro (pulpa café) que trae del proceso anterior. También, la pulpa se selecciona y se limpia, para luego ser almacenada y enviarla al proceso de blanqueo. Adicionalmente, se da un proceso de depuración y limpieza que tiene como objetivo, remover contaminantes como materiales plásticos, metales pequeños, fibras no-cocidas y principalmente, arena de la pulpa lavada. Finalmente, se genera un proceso de blanqueo de la pulpa, el cual corresponde a un tratamiento químico hecho a la pulpa para así proporcionar, blancura alta y estable, manteniendo su resistencia. Para este proceso, se buscan dos objetivos: la remoción de la lignina que no se retiró por completo en la etapa de cocción y decoloración de la lignina remanente.

Así, al tener en cuenta el proceso general que conlleva a la producción de pulpa cocida a partir de bagazo de caña de azúcar para fabricación de papeles de impresión, empaque y escritura, es evidente que uno de los problemas más acentuados dentro de este proceso se detecta a nivel del tornillo alimentador, del sistema mecánico como tal, ya que la geometría y dimensión de sus elementos limitan la obtención de pulpa, obligando a realizar altas inversiones para evitar obstaculizaciones en el proceso de producción en desarrollo.

Por lo tanto, la presente invención se dirige a un cambio en la geometría y dimensiones de partes internas del conjunto tornillo alimentador del digestor utilizado en el proceso de pulpeo, en donde, mediante acondicionamiento de las medidas dentro de las zonas de trabajo entre el tornillo alimentador (1) y la garganta (3) se ajustó la geometría y dimensiones de los bolsillos de las gargantas (4) (figura 3), el área del sistema de escurrido de la garganta, los espirales del tornillo (5), tubo guiador (6) y el anillo exprimidor (2), con el fin que este nuevo sistema pudiese permitir un proceso de alimentación continuo del bagazo, evitando problemas de atascamiento y además permitiendo un aumento en la tasa de producción de pulpa aproximadamente entre el 7% y el 10%, como también el incremento de las tasas de producción efectivas de 322 Ton/día a 347 Ton/día base seca de pulpa café (promedio del año) y como valores máximos de 358 a 364 Ton/día base seca, como consecuencia de la mejora en la capacidad del equipo.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

Las modificaciones a los componentes mecánicos mencionados en la presente solicitud se realizan mediante el acondicionamiento de las medidas dentro de las zonas de trabajo entre el tornillo alimentador (1) y la garganta (3) del sistema (figura 1 a 5). Específicamente, la presente divulgación incorpora i. una ampliación de las medidas en las caras internas de las gargantas (8) que definen los bolsillos (4), ii. la rectificación de los perfiles de los espirales del tornillo alimentador (5), conservando las medidas diametrales de 0.5842 m (23 pulgadas) iii. el perfilamiento del ángulo cónico (10) o caída angular o pendiente entre 3 y 5° que comprende desde el inicio hasta el final del diámetro de las gargantas del sistema y iv. la modificación las medidas internas de la garganta (3) para asegurar una caída en cascada desde el anillo exprimidor (2) a la garganta (3) y desde la garganta (3) al tubo guiador (6).

Las caras internas (8) de la garganta (3) fueron modificadas para ampliar el área transversal de los bolsillos de las gargantas (4) conservando un ángulo cónico (10) de 5° para que así entre una pieza y otra (figura 3), el flujo sea entregado en el sentido de dirección del recorrido del bagazo.

Específicamente, para desarrollar dichas modificaciones a los componentes mecánicos mencionados fue necesario realizar un muestreo de los conjuntos ensamblados de las gargantas de repuesto del conjunto tornillo alimentador, con el propósito de determinar propiedades específicas e inferir aspectos estructurales del conjunto tornillo alimentador. Dichos aspectos estructurales corresponden a medidas de longitud, diámetros, alturas, y grado de desgaste en las superficies.

Modificación dimensional para las gargantas del sistema

Inicialmente, para obtener una de las realizaciones preferidas de la presente solicitud, se tomaron los diámetros internos de las gargantas ensambladas, y además se midieron las distancias originales entre caras internas opuestas de la garganta (8). De hecho, las mediciones ejecutadas en la garganta (3) se llevaron a planos donde cada vez que se desmontaba una de ellas se tomaban las dimensiones para determinar un promedio de los diámetros internos y de las alturas de los bolsillos de las gargantas (4).

Al desmontar cada garganta (3), se evidenció un desgaste en el plano corriente debajo de la garganta (A), lugar en donde se realiza el escurrido final del paso del bagazo a través del tornillo. Por lo que, para dar inicio a las modificaciones dimensionales de piezas como esta, se tomaron las distancias entre las caras internas de las gargantas (8) en diferentes planos: el plano corriente arriba de la garganta (C) por donde entra el bagazo proveniente del anillo exprimidor (2), el plano medio de la garganta (B) y el plano corriente debajo de la garganta (A) por donde sale el bagazo hacia el tubo guiador (6) (Figura 5). Estas medidas se ilustran en la Figura 5, la cual corresponde a un acercamiento de la sección que comprende los

bolsillos de las gargantas (4) en donde se llevaron a cabo las modificaciones dimensionales. A cada una de las 8 caras internas se le asignó un numeral entre i y viii (Figura 5). La tabla 1 contiene las modificaciones dimensionales hechas a la garganta (3), especificando las distancias entre caras opuestas (8) antes y después de la modificación.

Posteriormente, se desarrollaron procesos de reconstrucción como soldar mediante electrodos sólidos. El proceso aquí utilizado se denomina SMAW (por sus siglas en inglés Shield Metal Arc Welding), el cual es un proceso de soldadura por arco eléctrico entre un electrodo revestido y un metal base en donde se aplican temperaturas mayores a 3000°C para fundir el metal. Este proceso se caracteriza por ser un proceso simple, flexible, y económico y con capacidad de soldar la mayoría de los metales ferrosos y no ferrosos.

Seguido a este proceso se realiza la reconstrucción interna de los bolsillos de la garganta (4) con electrodos sólidos de soldadura sobre las caras internas de la garganta (8), tratando de no sobrepasar la medida de diámetro interno menor (plano A), ya que previamente la garganta (3) había mostrado un desgaste en el área de menor diámetro de la misma. Dicha reconstrucción llevó a establecer las medidas internas sobre los bolsillos de exprimido (4), proporcionando así dimensiones precisas de diámetros de entrada de la garganta (plano C), o mayores, hasta el diámetro de salida de la garganta (plano A), o menores, conservando siempre un ángulo de 5° de inclinación para que así entre una pieza y otra, el flujo sea entregado en el sentido de dirección del flujo del bagazo.

Las medidas internas de la garganta se realizan mediante un proceso de mecanizado en mandrinadora, involucrando un proceso de mecanizado para obtener una mayor precisión o menor rugosidad en la superficie de la garganta, además de proporcionar un acabado completo a las caras internas de los vanes de dirección con alturas respectivas de acuerdo con la longitud de las barras de desgaste (7). Concretamente, este proceso se lleva acabo con la garganta (3) ensamblada y se va girando el mandril sobre cada cara interna (8) de los bolsillos de exprimido (4) hasta cubrir las ocho caras de la garganta (8). Así, se asegura que los diámetros en el entorno de la pieza queden de acuerdo a las dimensiones establecidas por el promedio de medición previamente mencionada.

Las modificaciones a nivel dimensional realizadas a la garganta (3) ensamblada, que involucran los bolsillos de exprimido (4), corresponden a aquellas mostradas por la Tabla 1. En esta tabla se incluyen también las medidas del diámetro externo de los espirales del tornillo (5) en los planos definidos para esta realización.

Tabla 1

Plano de Medición	Puntos de Medida Db	Original [m]	Modificada [m]	Promedios Medida Modificada [m]	Diámetro Externo Tornillo [m] Dt
A	Entre i y v	0,3794	0,3889	0,38773	0.372
	Entre ii y vi	0,3858	0,3889		
	Entre iii y vii	0,3826	0,3889		

	Entre iv y viii	0,3715	0,3842		
B	Entre i y v	0,4429	0,4524	0,44885	0,430
	Entre ii y vi	0,4493	0,4524		
	Entre iii y vii	0,4477	0,4477		
	Entre iv y viii	0,4382	0,4429		
C	Entre i y v	0,4937	0,4985	0,4969	0,472
	Entre ii y vi	0,5017	0,5001		
	Entre iii y vii	0,4985	0,4953		
	Entre iv y viii	0,4905	0,4937		

Rectificación de los perfiles de las hélices del tornillo alimentador

Adicionalmente, otra de las modalidades preferidas de la presente invención se basa en modificar el desgaste en los espirales del tornillo (5) mediante un proceso de reconstrucción con soldaduras blandas y duras utilizando el proceso manual de aplicación de electrodo sólido conocido como SMAW (por sus siglas en inglés). Básicamente, este proceso de reconstrucción se basa inicialmente en proporcionar las medidas originales de cada uno de los espirales del tornillo (5) para posteriormente recubrir el desgaste, tomar medidas con plantillas manuales y determinar el momento indicado para comenzar un proceso de rectificado en torno.

Posterior a la reconstrucción total del tornillo alimentador (1) se da un proceso de rectificado en el torno con piedras tipo esmeril para garantizar el acabado superficial donde cada espiral (5) localizado a través del tornillo conserva un diámetro mayor de 0.5842 m (23 pulgadas) hasta su diámetro menor. De hecho, con dicho proceso se da un acabado de las piezas, mejorando así la tolerancia dimensional y el acabado superficial del tornillo (1). Posterior a esto, el tornillo (1) es llevado y ensamblado en un banco de prueba para medirlo en conjunto con las gargantas (3) y verificar las holguras internas de las barras de la garganta y el tornillo, y así instalar nuevamente el conjunto tornillo alimentador en su lugar correspondiente.

Así las cosas, el conjunto tornillo alimentador con las modificaciones dimensionales previamente mencionadas se dispone nuevamente dentro de la sección de cocimiento del bagazo del sistema en general utilizado en la producción de pulpa cocida a partir de bagazo de caña de azúcar y así mitigar problemas frecuentes de taponamiento con el fin de permitir un flujo constante y uniforme de material a través del conjunto tornillo alimentador.

Considerando las ventajas de las modificaciones dimensionales y a nivel de geometría previamente mencionadas, otro aspecto relevante del presente invento es que dichas variaciones estructurales han permitido un aumento significativo en la tasa de producción de pulpa debido a las mejoras en disposición del conjunto tornillo-alimentador.

El alcance e interés del invento se comprenderá mejor basándose en los ejemplos que siguen, los cuales están destinados a ilustrar las realizaciones de la presente invención y no son limitativos.

MEDIDAS Y PARÁMETROS

Con el fin de definir paramétricamente las dimensiones de las modificaciones de la presente invención, se toman las medidas de esta realización específica y se definen dos relaciones: la relación Db/Dt que corresponde a la distancia entre caras internas opuestas de la garganta (8) sobre el diámetro externo de los espirales del tornillo (5); y la relación Ab/At que corresponde al área transversal total de los bolsillos sobre el área transversal dibujada por el diámetro externo de los espirales del tornillo (5).

Para hallar la relación Db/Dt se usan las medidas reportadas en la tabla 1, obteniendo los resultados de la Tabla 1A:

Tabla 1A

Plano de Medición	Puntos de Medida	Db/Dt
A	Entre i y v	1,04543
	Entre ii y vi	1,04543
	Entre iii y vii	1,04543
	Entre iv y viii	1,032796
B	Entre i y v	1,052093
	Entre ii y vi	1,052093
	Entre iii y vii	1,041163
	Entre iv y viii	1,03
C	Entre i y v	1,056144
	Entre ii y vi	1,059534
	Entre iii y vii	1,049364
	Entre iv y viii	1,045975

Puede notarse que el rango de Db/Dt está entre 1,03 y 1,059534 (aproximadamente 1,06) con un promedio de 1,046288 y una desviación estándar de 0,83%.

Por otro lado, para hallar la Ab/At se toma el área transversal del bolsillo de exprimido original (13) en el plano C, que tiene un valor reportado por el productor de 0,002794 m² y se le suma el área del trapecioide de material retirado (9) para obtener el área transversal del bolsillo de exprimido modificado (14). En esta realización se obtuvieron las siguientes medidas para el trapecioide de material retirado (9): altura menor (12) 0,0018 m, altura mayor (11) 0,0064 m y espesor 0,100732 m. Consecuentemente, el trapecioide de material retirado tiene un área de 0,000413 m² y el área transversal del bolsillo de exprimido modificado (14) es de 0,003207 m². Sabiendo que el diámetro externo de los espirales del tornillo (5) en el plano C es de 0,472 m, se puede calcular que el área transversal dibujada por éste es de 0,174974. Por lo tanto, teniendo en cuenta que esta realización comprende 8 bolsillos (4), la relación Ab/At es de 0,146627 y dentro del rango entre 0,145413 y 0,147841 si se toma la misma desviación estándar de la relación Db/Dt .

EJEMPLOS

Aumento de la producción de pulpa café

Para determinar la medida de peso de la producción de pulpa café por día a partir de bagazo de caña se utilizó el conjunto tornillo-alimentador modificado y expuesto por la presente invención. Inicialmente, en una primera etapa del proceso de producción de pulpa café, se

transporta el bagazo desde de los ingenios hacia la planta para ser almacenado y posteriormente depositarlo en la sección de preparación, desmedulado y lavado de bagazo. Seguidamente, el bagazo pasa a la sección de cocimiento para producir pulpa cocida, en donde se encuentra el digestor, el cual comprende el conjunto-tornillo alimentador modificado de la presente invención con una ampliación de las medidas internas en los bolsillos (4) de las gargantas (3) del sistema, con rectificación en los perfiles de las hélices del tornillo alimentador, con un perfilamiento de caída angular o pendiente de 3 a 5° del anillo exprimidor con respecto a las gargantas, con una modificación de caída del perfil o pendiente del tubo guiador (6) con un ángulo de 5° desde el inicio hasta el final del diámetro de las gargantas (3) del sistema y además con la fijación de los bolsillos (4) con una caída de angularidad de 5°.

Seguidamente, la pulpa cocida obtenida del bagazo de caña de azúcar es enviada al tanque de soplado de donde se genera la pulpa café. Posterior a esto, la pulpa café se separa, se selecciona, y se limpia en la sección de lavado para así finalmente almacenarla. En este punto, se tomaron medidas de peso de la producción de pulpa café (Ton/día) desde la fecha que comprende el 01 de septiembre de 2014, hasta el 30 de diciembre de 2017, en donde particularmente después de octubre de 2015 se dio inicio a la implementación del conjunto tornillo alimentador con modificaciones dimensionales de la presente invención dentro del sistema general para la producción de pulpa a partir de bagazo de caña de azúcar.

Seguidamente, al obtener los datos para cada día de los años evaluados utilizando el conjunto tornillo alimentador modificado dimensionalmente de esta invención, se calculó un promedio de la producción de pulpa cocida de café para cada mes, con el fin de establecer el peso de producción por día de esta pulpa. Dicho promedio se desglosa en la Tabla 2 a seguir:

Tabla 2

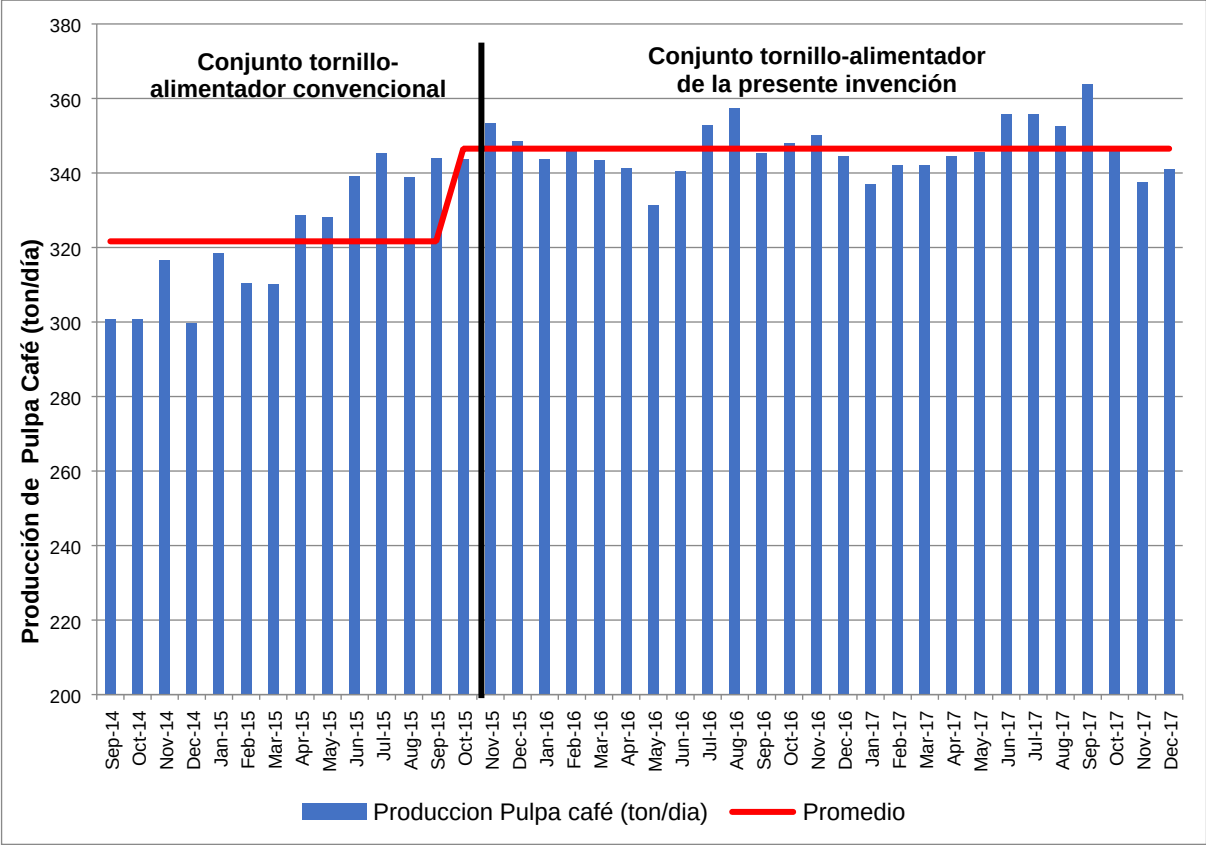
Fecha (mes-año)	Producción Pulpa café (Ton/día)
sep-14	301
oct-14	301
nov-14	317
dic-14	300
ene-15	318
feb-15	311
mar-15	310
abr-15	329
may-15	328
jun-15	339
jul-15	345
ago-15	339
sep-15	344
oct-15	344
nov-15	353
dic-15	349
ene-16	344

feb-16	347
mar-16	344
abr-16	341
may-16	331
jun-16	340
jul-16	353
ago-16	358
sep-16	345
oct-16	348
nov-16	350
dic-16	345
ene-17	337
feb-17	342
mar-17	342
abr-17	344
may-17	345
jun-17	356
jul-17	356
ago-17	353
sep-17	364
oct-17	347
nov-17	338
dic-17	341

De este modo, se observó que al comparar la producción de pulpa café antes y después de la implementación del conjunto tornillo alimentador modificado dimensionalmente de la presente invención, se evidencia un aumento significativo en la producción de pulpa café. Por ejemplo, al comparar la producción de pulpa del mes de septiembre de 2014 con la del mes de noviembre de 2015 se registra un aumento de 52 Ton/día, o de 43 Ton/día entre marzo de 2015 y noviembre del mismo año. De igual forma, al realizar dicha comparación entre la producción de pulpa de septiembre de 2015 con respecto a agosto de 2016 o septiembre de 2017 se observa un aumento de 14 y 20 Ton/día respectivamente. Es más, si bien el valor mínimo de producción de pulpa del período mencionado se dio en diciembre de 2014 (300 Ton/día), en donde se utilizaba el conjunto tornillo alimentador convencional, un valor igual o menor de producción no fue registrado nuevamente posterior a la implementación del conjunto tornillo alimentador con modificaciones dimensionales de la presente invención.

Lo anterior, evidencia que las modificaciones realizadas a dicho conjunto tornillo alimentador confirman incrementos de las tasas de producción efectivas, además de un incremento de producción de pulpa entre el 7 y el 10%. Lo anterior, se observa con mayor precisión en la gráfica No. 1 a continuación que muestra el incremento de producción de pulpa café promedio mensual entre el periodo que comprende septiembre de 14 y diciembre de 2017:

Gráfica No. 1



Los resultados anteriores muestran que los objetivos se logran únicamente por la implementación del conjunto tornillo alimentador modificado dimensionalmente de acuerdo con el invento.

REIVINDICACIONES

1. Un conjunto de tornillo alimentador que comprende un tornillo alimentador (1), un anillo exprimidor (2), una garganta (3) y un tubo guiador (6), en donde la garganta (3) comprende barras de desgaste (7) orientadas en la dirección del flujo y bolsillos de exprimido (4) definidos por dos barras de desgaste (7) contiguas y caras internas de la garganta (8), caracterizado porque la relación entre la distancia entre caras internas opuestas de la garganta (8) y el diámetro externo de los espirales del tornillo (5) (Db/Dt) está entre 1,03 y 1,06 y

en donde las caras internas (8) de la garganta (3) se extienden en un ángulo entre 3° y 5° con respecto al eje axial de la garganta (3).

2. El conjunto tornillo alimentador de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque la relación (Db/Dt) está entre 1,037625 y 1,05495.

3. El conjunto tornillo alimentador de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la relación (Db/Dt) en el plano corriente abajo de la garganta (A) es de 1,04543.

4. El conjunto tornillo alimentador de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque tiene 8 bolsillos de exprimido (4).

5. El conjunto tornillo alimentador de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la relación entre el área transversal de todos los bolsillos de exprimido (4) y la dibujada por el diámetro externo de los espirales del tornillo (5) (Ab/At) está entre 0,145413 y 0,147841.

6. El conjunto tornillo alimentador de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el área transversal de cada bolsillo de exprimido (14) es de $0,003207 \text{ m}^2$.

7. El conjunto tornillo alimentador de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la distancia entre caras internas (8) opuestas de la garganta (3) en el plano de salida del flujo (A) se encuentra entre 0,3889 y 0,3842 m.

8. El conjunto tornillo alimentador de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la distancia entre caras internas (8) opuestas de la garganta (3) en el plano medio (B) se encuentra entre 0,4429 y 0,4524 m.

9. El conjunto tornillo alimentador de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la distancia entre caras internas (8) opuestas de la garganta (3) en el plano de entrada del flujo (C) se encuentra entre 0,5001 y 0,4953 m.

10. El conjunto tornillo alimentador de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el anillo exprimidor comprende una caída angular de 3 a 5° con respecto a las gargantas cuando se ensamblan entre sí.

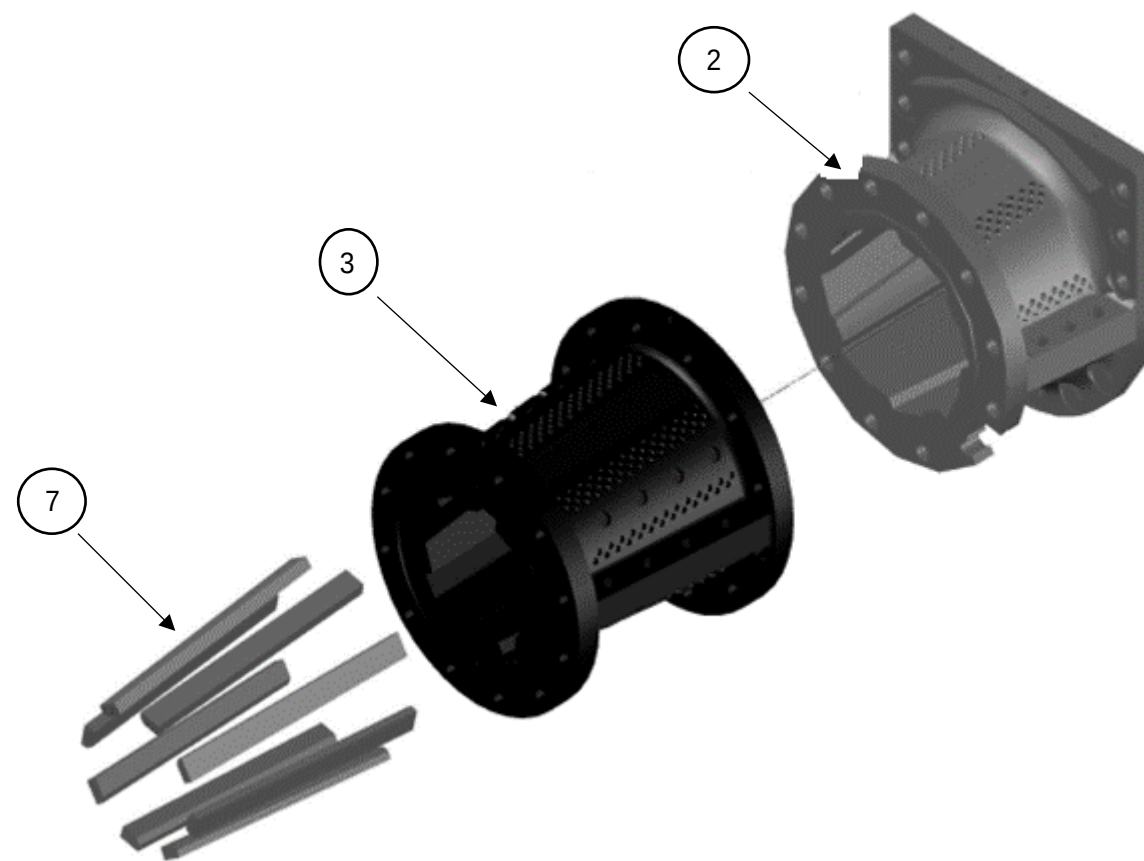


Figura 1

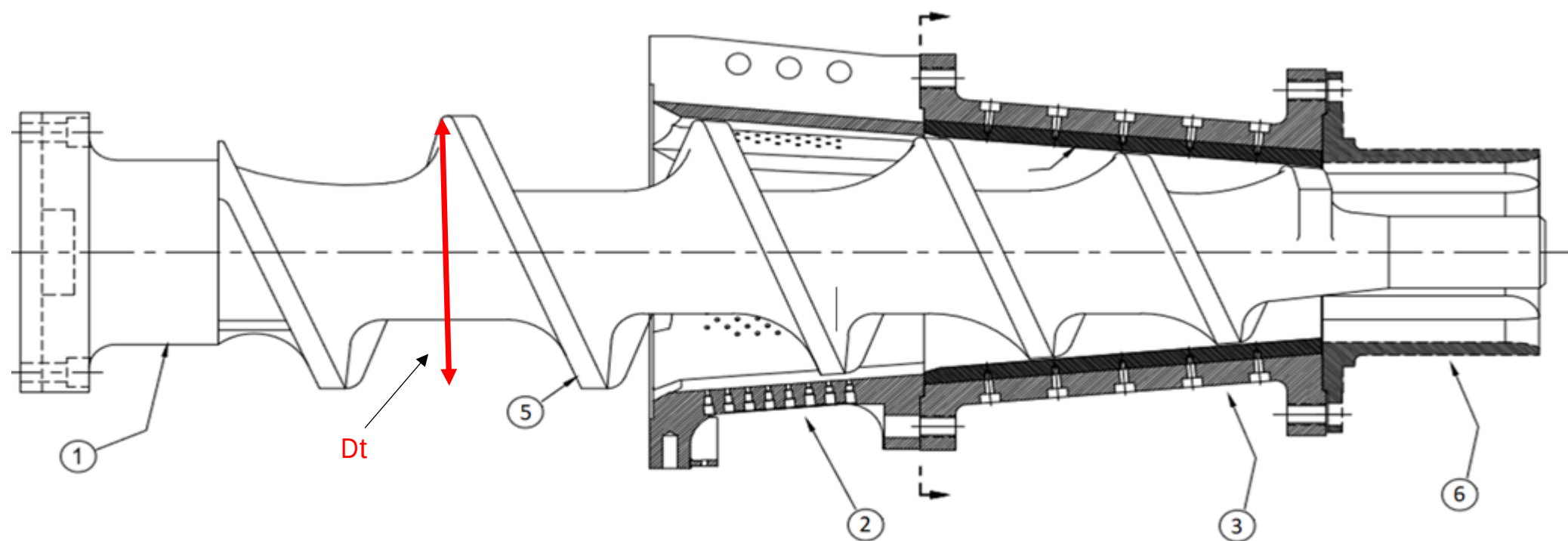


Figura 2

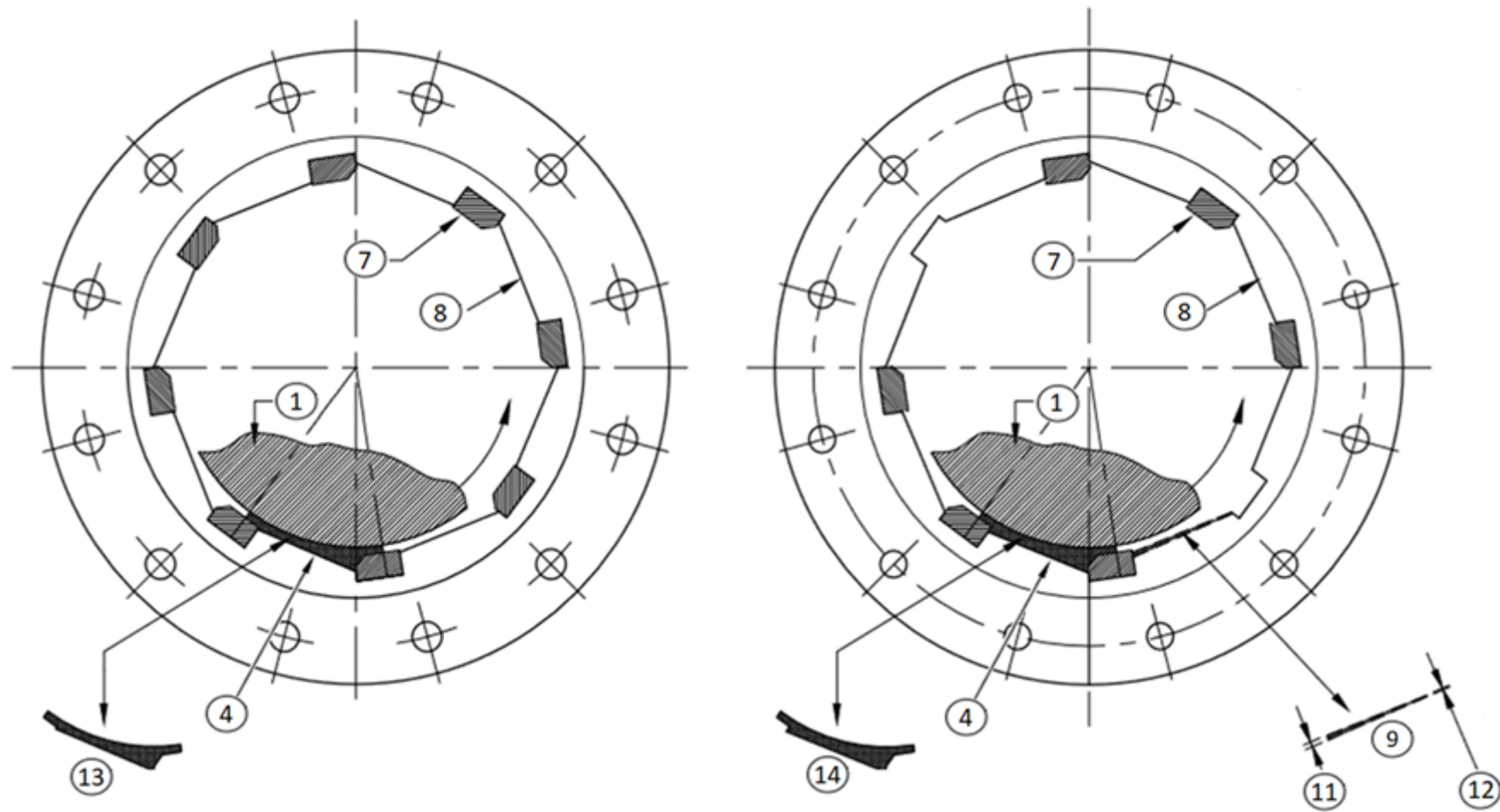


Figura 3

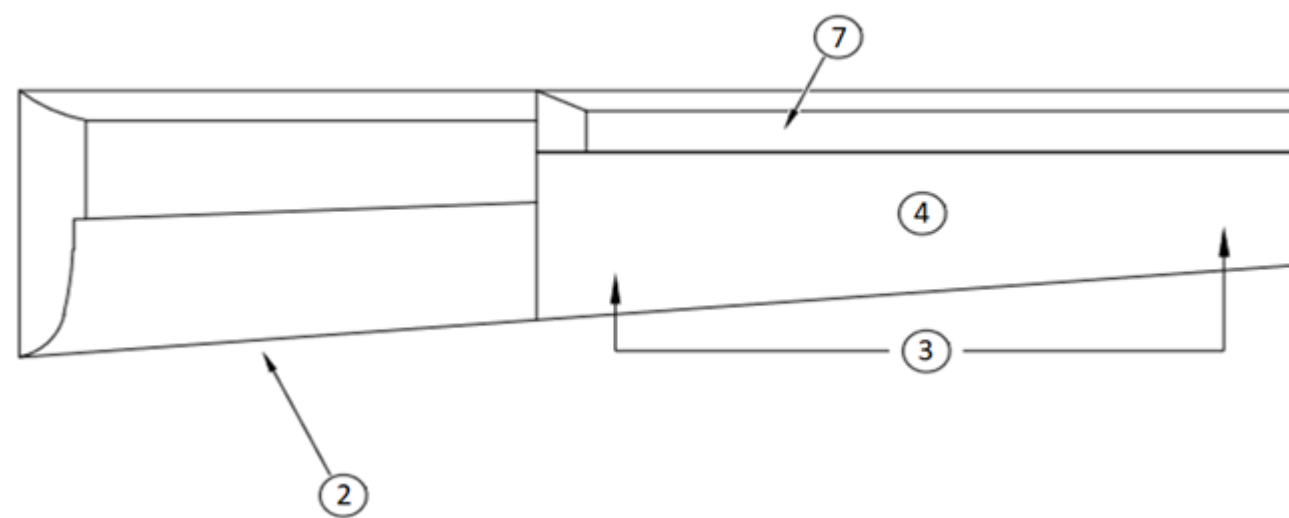


Figura 4

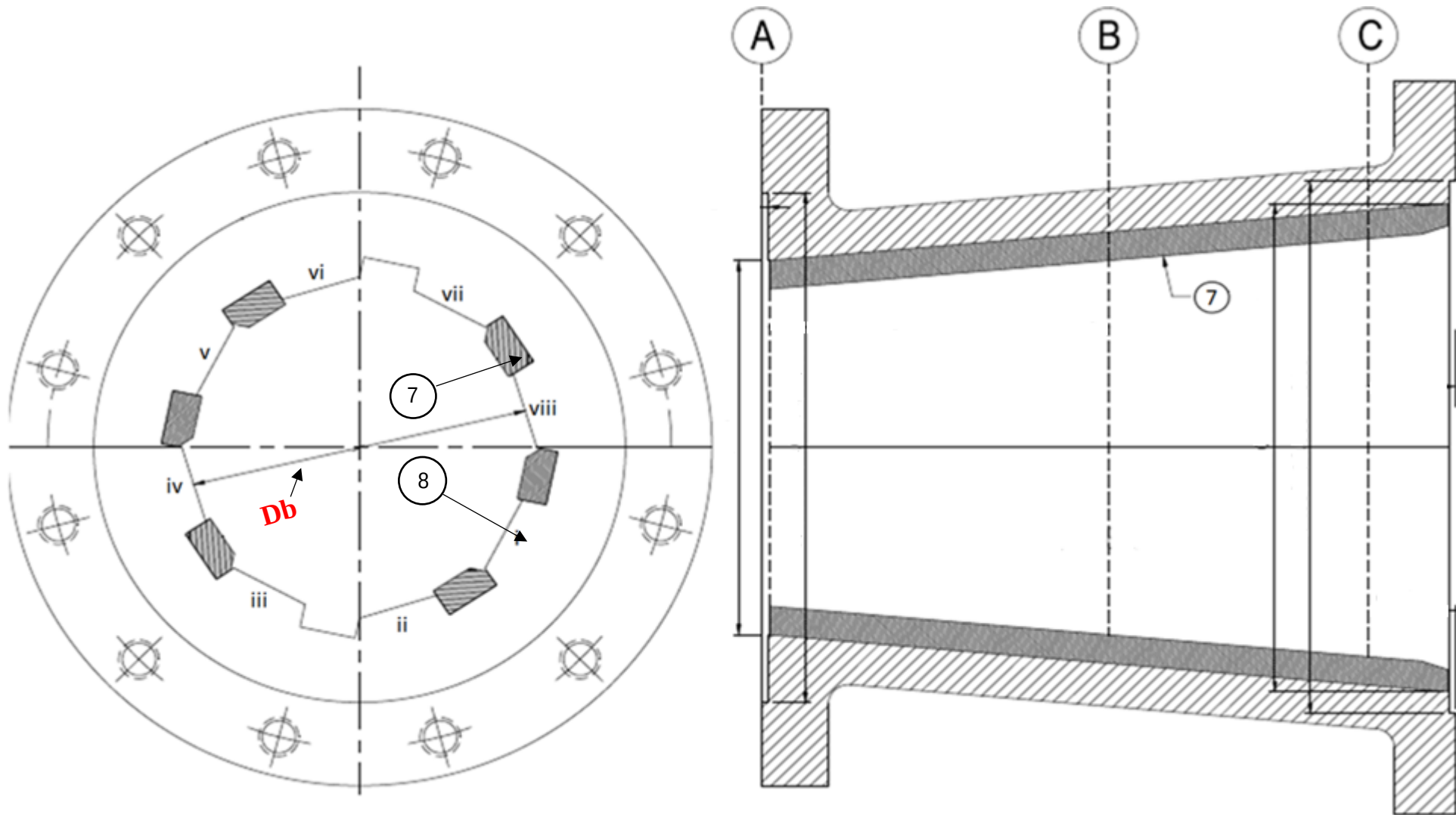


Figura 5