

DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL CONTROL DEL PROCESO DE IMPREGNACION DE RESINA EN LA LATILLA TRAPICHADA DE BAMBÚ PARA LA EMPRESA BIGBAMBOO S.A.

Cristian José Gualán Jiménez

cristian_gualan@yahoo.com

RESUMEN

El proceso de impregnación de resina en las latillas de bambú en la empresa BIGBAMBOO se desarrolla en el presente proyecto. Para esto se realiza un diseño de toda la parte mecánica, eléctrica, electrónica, instrumentación y control de todo el proceso, partiendo de parámetros ya establecidos por la empresa beneficiaria. Para lograr esto se diseña un alimentador semiautomático de los atados de latillas de bambú, después pasa al proceso de impregnación mediante inmersión de los atados de manera automática evitando de esta manera que el operario realice esfuerzo físico y tenga contacto directo con la resina. La mezcla para obtener la resina es controlada por un sensor de densidad y un sensor de nivel además de

válvulas solenoides y bombas hidráulicas. Una vez impregnado se ve la necesidad de escurrir los atados y realizar la recirculación de la resina sobrante con el fin de optimizar los recursos. Todas las variables se controlan mediante un OPLC (PLC + HMI incluido). Finalmente un HMI completa el diseño. Para comprobar se presenta un informe económico para saber si es rentable o no la construcción del diseño realizado

Palabras clave: Bambú, impregnación, resina, inmersión, escurrimiento, recirculación, densidad, OPLC

GENERALIDADES

BIGBAMBOO S.A. es una compañía ecuatoriana enfocada en la siembra, desarrollo, manufactura y exportación de maderas y pisos de

bambú. Se persigue para sus productos un alto estándar de calidad, belleza y durabilidad.

DESCRIPCIÓN GENERAL DE PROCESO DE IMPREGNACIÓN DE RESINA

El proceso general es:

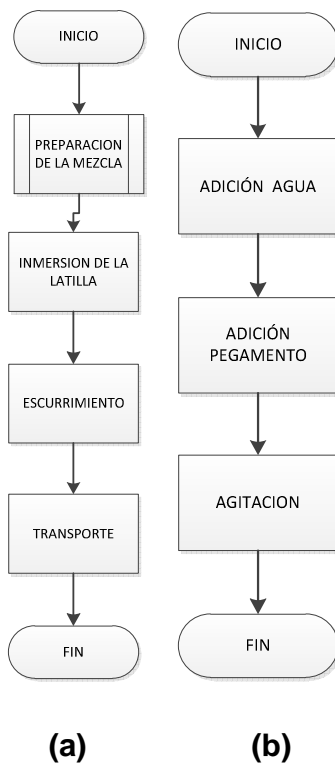


Fig. 1 Proceso de impregnación de resina (a) Proceso general (b) Subproceso preparación de resina

PARÁMETROS DE DISEÑO

El área donde se realiza el proceso de impregnación en la empresa BIGBAMBOO es de 62 m², de los

cuales el espacio disponible es de 41.4 m²

TABLA DE REQUERIMIENTOS	
PROPIEDAD	REQUERIMIENTO
Tipo de impregnación	Por inmersión completa de atados de bambú
Tiempo de inmersión	12 - 14 segundos
Peso atado de latilla de bambú	5 Kg
Largo latilla	2000 mm
Volumen de mezcla	1.4 m ³ (1400 litros)
Proporción de mezcla (peso)	1 kg pegamento - 1,5 kg agua
Numero de atados impregnados	1200 atados / día
Sistema de inmersión	Automático, con tiempo variable
Escurrecimiento	Sistema para escurrir los atados de bambú impregnados
Recirculación de excedente	Sistema para recircular el excedente de resina al escurrir los atados

Tabla. 1 Requerimientos de diseño
Elaborado: Empresa beneficiaria

PREPARACION DE RESINA

Para el control del flujo tanto del pegamento como el de agua se lo va a realizar con válvulas solenoides ON/OFF. El pegamento va a ser impulsado por una bomba hidráulica. Los elementos involucrados para este sistema son: Tubería 1 ½" cedula 40, válvula solenoide NA, 110 VAC y una bomba de engranes 1 HP, 1200 RPM

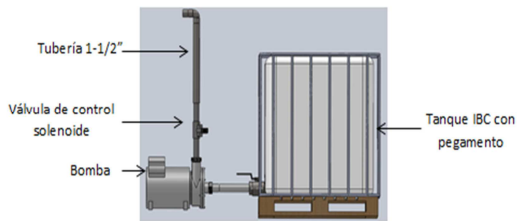


Fig. 2 Impulsión del pegamento

DISEÑO DEL MECANISMO DE INMERSIÓN

El proyecto se basa en presentar varias alternativas de solución, siendo la más aceptada un mecanismo mediante volantes diseñados de tal forma que el atado es sumergido de forma automática y es expulsado debido a la inclinación de los elementos encargados del empuje

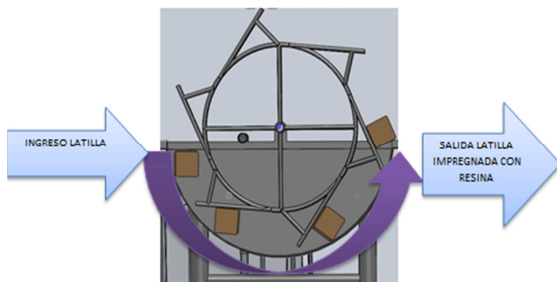


Fig. 3 Esquema funcionamiento mecanismo de inmersión

DIMENSIONAMIENTO DEL MECANISMO DE INMERSIÓN

Se determina un número de volantes de tal forma que el atado de bambú reaccione favorablemente evitando

deformaciones y colisiones provocando atascos. Después de analizar se determinó que el número mínimo de volantes es de 3 soldados a un eje colocados en la misma posición, separados una distancia de 650 mm

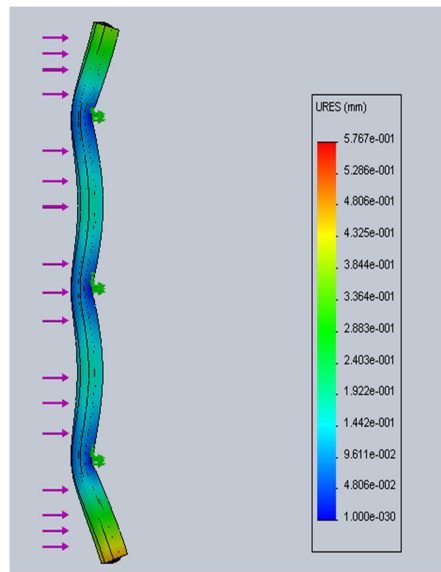


Fig. 4 Empuje de atado con tres volantes

El mecanismo planteado debe girar a 2,5 RPM, por lo que se va a utilizar una reducción combinada de variador de frecuencia y reductor mecánico.

Los elementos involucrados en este sistema son: Volantes de inmersión construidos con tubería de 25,4 mm y espesor 2 mm.

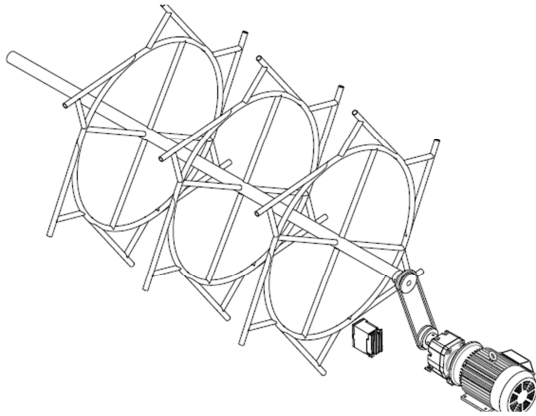


Fig. 5 Mecanismo de inmersión

El motor eléctrico es de 1.5 HP a 1200 RPM, con transmisión de potencia mediante poleas y bandas. El variador de frecuencia reducirá la velocidad del motor a aproximadamente 50 RPM y un reductor mecánico con relación de 20 reducirá hasta las 2,5rpm requeridas para sumergir el atado por 13 segundos

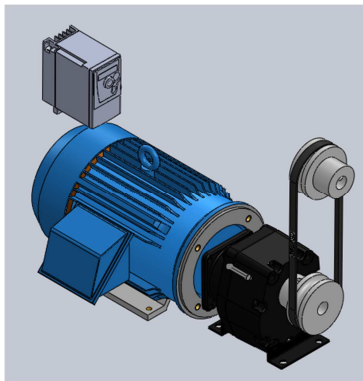


Fig. 6 Sistema de reducción de velocidad

DISEÑO DE LA TINA DE INMERSIÓN

La tina debe tener una geometría capaz de acoplarse al mecanismo de inmersión. Es por ese motivo que se va a diseñar la tina con una forma de medio cilindro horizontal



Fig. 7 Forma de la tina de inmersión

Para el espesor de la tina se utiliza el método de un pie, obteniendo los siguientes resultados

Medidas	Valores
Diámetro	1500 mm
Largo	2400 mm
Material	ASTM A-283 Grado C
Fluido	Agua y Pegamento
Densidad	1051 kg/m ³
Forma de la Tina	Cilíndrico horizontal
Espesor	6.35 mm

Tabla. 2 Datos de la tina de inmersión

SELECCIÓN Y DISEÑO DEL AGITADOR

Requerimientos para la selección del tipo de impulsor

- Flujo tipo axial y radial
- Uso en tanques grandes
- Evitar formación de vórtices
- Viscosidad hasta 20 Pa.s
- Fácil adaptación
- Construcción económica

Después de comparar los agitadores disponibles, se selecciona un agitador de tipo turbina con aspas inclinadas a 45° colocada de forma lateral a la tina

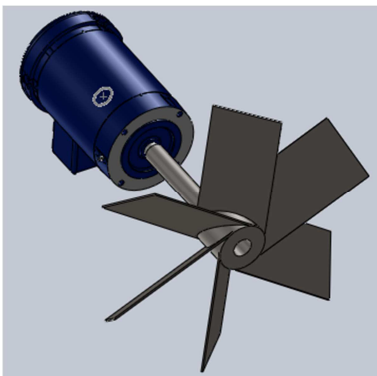


Fig. 8 Agitador tipo turbina

Las dimensiones del agitador de turbina son:

Turbina	Diámetro	Ancho	Espesor	Material
Axial y Radial 6 aspas	450 mm	80 mm	6.35 mm	A-283 Gr C

Tabla. 3 Dimensiones del Agitador

CALCULO DE LA POTENCIA DEL MOTOR PARA EL AGITADOR

Para obtener la potencia del motor se utiliza dos números adimensionales como es el número de Reynolds y el número de potencia

Para el caculo de la potencia del impulsor se tiene la siguiente expresión:

$$Pot = \rho * N_p * N^3 * D^5$$

Se selecciona un motor estándar de 0.75 HP (559,5 Watts), 1200 rpm de catálogo

DISEÑO DEL EJE DEL AGITADOR

El eje del mezclador está sometido a torsión y flexión. Se utiliza la ecuación para diseño de ejes y flechas

$$D_e = \left[\frac{32 n}{\pi} * \sqrt{\left[\frac{k_t * M}{S' n} \right]^2 + \frac{3}{4} \left[\frac{T}{S_y} \right]^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

(Ec. 3.32.) (Mott, 1995)

Dónde:

D_e : Diámetro del eje (m)

n : factor de seguridad (2)

k_t : Factor de concentración de esfuerzos

M : momento máximo aplicado al eje (Nm)

S'_n : Resistencia por durabilidad modificada (Pa)

T : Torque aplicado al eje (Nm)

S_y : Esfuerzo de fluencia del material (Pa)

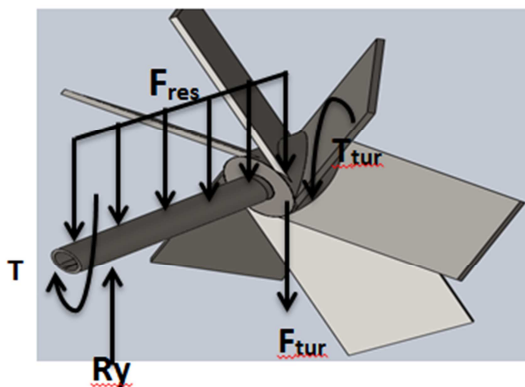


Fig. 9 DCL Agitador

Se selecciona un eje de acero AISI 1018 de 2 3/4" (69.85 mm). Las características del acero se encuentran en el anexo 8

Con este nuevo diámetro se recalcula el factor de seguridad:

Diámetro (mm)	F.S. real
69,85	2,51

Tabla. 4 Valor recalculado del factor de seguridad

DISEÑO DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

La idea es alimentar continuamente al sistema de inmersión, esto con el fin de aprovechar cada revolución del volante. En cada revolución del volante se impregna 4 atados de latillas con resina. Al término de un minuto el sistema arrojaría 13 atados de latillas Lo que provocara una mayor eficiencia en el proceso

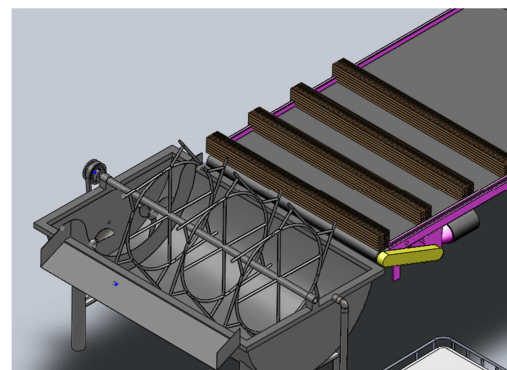


Fig. 10 Esquema Alternativa C Banda Transportadora

El tipo de banda que se utiliza es el transportador de cadena ya que presenta varias alternativas que satisfacen las necesidades de diseño

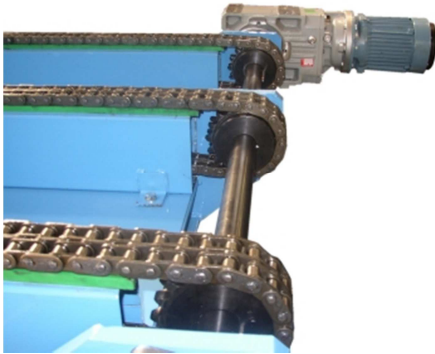


Fig. 11 Transportador de cadena

	Cantidad	Unidades
Longitud	1500	mm
Ancho	2200	mm
Inclinación	0	Grados
Producción	3.9	ton/hora

Tabla. 5 Dimensiones generales del transportador

Se selecciona una cadena de doble hilera y una Catarina estándar para colocar canaletas donde irá el material hacia el sistema de inmersión



Fig. 12 Cadena de doble hilera

ESPECIFICACIONES DE CADENA Y CATALINA

Numero de cadena	140
Paso de la cadena	1.75 plg
Lubricación	Manual
Numero de hileras	2
Límite de rotura	92000 lbs.
Longitud de cadena	80 pasos
Distancia entre catalinas	34 pasos
Numero de dientes catalina	12
Diámetro de paso de catalina	171.74 mm
Diámetro exterior	192.56 mm
Material Catalina	AISI 1045

Tabla 6 Especificaciones de cadena y catalina

El transportador de cadena diseñado se lo observa en la siguiente figura:

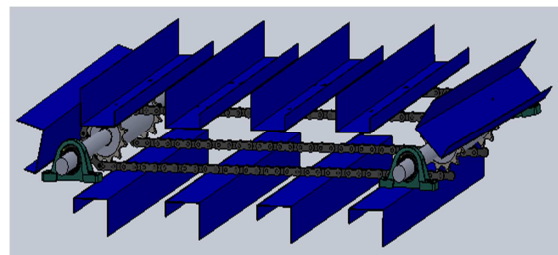


Fig. 13 Ensamblaje eje, catalina, cadena, canaleta de transporte

DISEÑO DEL SISTEMA PARA ESCURRIR LA LATILLA

La propuesta de diseño para escurrir se lo planteo mediante una mesa vibratoria

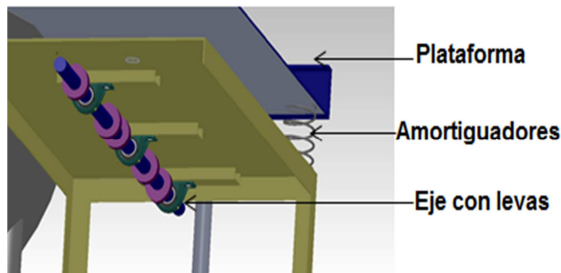


Fig. 14 Mesa vibratoria partes

Se realiza el diseño correspondiente a la leva, eje, amortiguadores

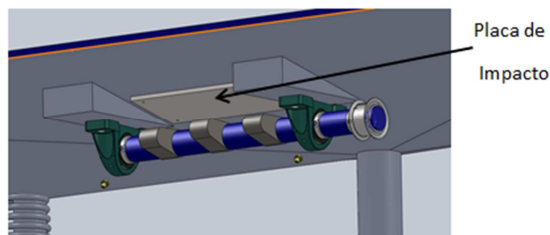


Fig. 15 Generador de vibraciones

Una rejilla colocada sobre la plataforma vibrante, que posee una inclinación para que se recircule la resina, completa la mesa vibratoria

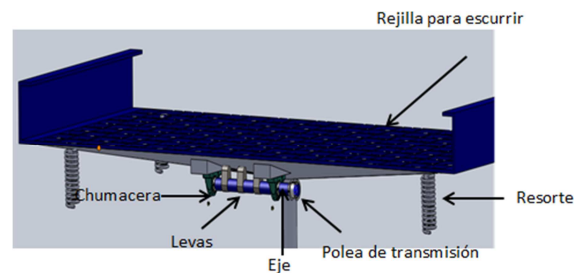


Fig. 16 Parte superior mesa vibradora

Se realiza un análisis sobre resonancia y pandeo para garantizar el funcionamiento del sistema

La mesa vibratoria va montada sobre una estructura metálica analizada como columnas

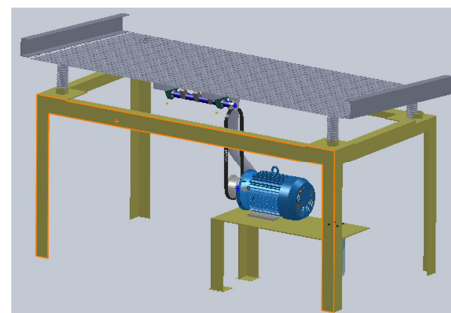


Fig. 17 Ensamblaje final mesa vibratoria

RECIRCULACIÓN DEL EXCEDENTE DE RESINA

Una vez que los atados de latilla pasen a la mesa de vibración, el excedente de resina impregnada en la latilla será desprendido lo que obliga a recircular el sobrante para optimizar recursos. Para esto se selecciona y dimensiona elementos

como bombas, tubería, retenedores de impurezas

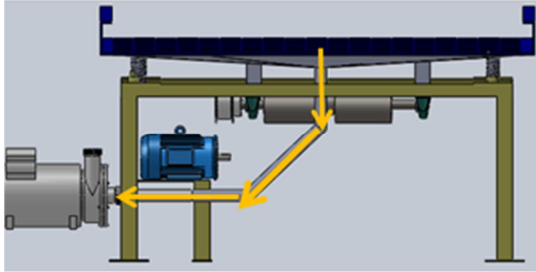


Fig. 18 Tubería de retorno conectada a la bomba

Una mesa inclinada en ambos ejes completa el diseño mecánico del sistema

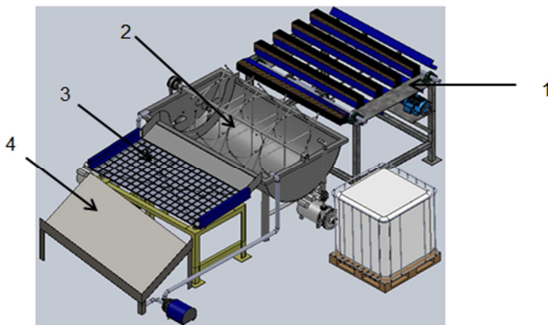


Fig. 19 Ensamblaje final

Los 4 procesos que el atado de latilla cumple son:

1. Alimentación por transportador de cadena
2. Inmersión del atado
3. Escurrimiento por mesa vibratoria
4. Descanso en mesa inclinada

AUTOMATIZACION DEL PROCESO

Una vez realizado el diseño de la parte mecánica del proceso, se empieza a diseñar la parte de la instrumentación y el control

El control del diseño corresponde a la densidad en la mezcla

Se debe sincronizar los motores de los sistemas de inmersión y transporte mediante variadores de frecuencia. Todas las variables se las controla con un OPLC UNITRONICS con un módulo de ampliación analógico



Fig. 20 OPLC UNITRONICS V350

DISEÑO HMI PARA EL CONTROL DEL PROCESO DE IMPREGNACIÓN

En la interfaz de usuario diseñada se observa el comportamiento de cada componente utilizado. Existen dos tipos de mando Automático propio para los operarios y Manual para el supervisor



Fig. 21 Pantalla de inicio del proceso de impregnación

CONCLUSIONES

- Se realizó el diseño mecánico, eléctrico, de control e instrumentación del proceso de impregnación de resina en las latillas trapichadas de bambú dentro de las especificaciones propuestas por la empresa BIGBAMBOO
- Se efectuó el diseño de la tina de inmersión de tal forma que cumpla con los procesos tanto de mezclado de la resina como el de inmersión de los atados de latillas de bambú para evitar la construcción de un equipo adicional de mezcla
- Se realizó un control ON/OFF para la densidad de la resina debido a la instrumentación utilizada (sensores de densidad y nivel), a los actuadores como solenoides y bombas y el procesamiento de señales mediante un OPLC
- La impregnación es uniforme debido al diseño del sistema de inmersión, con un control de tiempo de inmersión variable, además de eliminar el esfuerzo físico realizado por el operario y el contacto directo con los componentes químicos presentes en la resina
- En la actualidad la empresa impregna 100 bloques diarios de latillas de bambú sin control alguno, con el diseño realizado la empresa producirá un total de 200 bloques (1200 atados impregnados) en aproximadamente 4 horas de trabajo

a raíz de un sistema de impregnación de 13 atados/min

RECOMENDACIONES

- Se recomienda la construcción del diseño realizado ya que es rentable además de aumentar en un 300% la producción de impregnados de atados de latillas
- Se puede realizar un rediseño o un nuevo diseño del alimentador de atados de semiautomático a automático
- Es necesario y de vital importancia aplicar el manual de operación y mantenimiento presentado en el proyecto para operar la máquina y evitar inconvenientes o problemas futuros

REFERENCIAS

BIBLIOGRAFICAS

Mccabe, E. (1991). *Operaciones Unitarias en Ingeniería Química*. Mexico: McGraw-Hill.

Correa, E. (2001). *Transmisión por Cadena*. Antioquia: Universidad de Antioquia.

Inglesa. (1994). *Diseño y Calculo de Tanques de Almacenamiento*. México.

Jutglar, L. (2011). *Termotecnica*. Barcelona: Marcombo.

Mott, R. (1996). *Mecanica de Fluidos*. Mexico: Prentice-Hall.

Perry, R. (2001). *Manual del Ingeniero Químico*. México: McGraw-Hill.

Robert, M. (1995). *Diseño de Elementos de Maquinas*. México: Prentice-Hall.

Serway, R. (2004). *Física para ciencias e ingeniería*. México: Thomson.

Soriano, L. (2007). *Correas*. La Mancha: Universidad de Castilla.

Douglas Villegas, (2008), *Diseño de un transportador de rastra para bagazo de caña de azúcar en un proyecto de cogeneración*, (Tesis de grado), Escuela Politécnica del Litoral, Guayaquil

Martínez, Pablo; (2011) *Diseño y construcción de una maquina transportadora y clasificadora de*

humus de lombriz de capacidad 1500 kg/h (Tesis de grado), Escuela Politécnica Nacional, Quito

Acevedo, Carlos, (2005) *Estudio del ángulo de presión y de la presión de contacto en mecanismos leva palpador cuya ley de desplazamiento se diseña por curvas de Bézier;* (Tesis Doctoral); Universidad Politécnica de Cataluña; Barcelona

Budynas, R. (2008) *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley;* México; McGraw-Hill

DIRECCIONES DE INTERNET

BIGBAMBOO S.A. (1999); *Bambú en el Ecuador;* obtenido de www.bigbamboo.com.ec

ECOTEC (2005); *Perfil de producto Bambú;* obtenido de http://www.ecotec.edu.ec/documentacion/investigaciones/docentes_y_directivos/articulos/5506_TRECALDE_00118.pdf

ROPER PUMPS (2007); *Catálogo de bombas;* obtenido de <http://www.roperpumps.com/roperpumps/home.aspx>

Coeficientes de arrastre y sustentación (2006); Universidad de Chile; obtenido de http://zeth.ciencias.uchile.cl/~amartinez/informe_final/arrastre2.pdf

Transtecno (2013); *Reductores Mecánicos;* obtenido de <http://www.transtecno.com/es/products/>

Link Industrial (2011); *Diseño y selección de Agitadores;* obtenido de <http://www.linkindustrial.es>

RENOLD (2007) *Conveyor Chain Catalogue;* Manchester; Obtenido de <http://www.renold.com/>;

CRANE, Jhon; (2007) *sellos mecánicos;* obtenido de <http://www.johncrane.com/>

MASKA (2008); *Poleas Industriales;* obtenido de: http://www.maskapulleys.com/httpdocs/esp/images/productos/Maska_catalogo_S.pdf

MITSUBISHI (2009); *Variadores de frecuencia;* obtenido de https://my.mitsubishi-automation.com/downloads_manager.php?id=6659