



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

**DISEÑO Y MONTAJE DE UN EQUIPO DE DISOLUCIÓN DE AZÚCAR EN CONTINUO, PARA
EL APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO, CONSERVACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS Y
OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE JARABE, EN UNA PLANTA DE FABRICACIÓN
DE BEBIDAS CARBONATADAS**

Byron Estuardo Corado Recinos

Asesorado por el Ing. Víctor Herbert de León Morales

Guatemala, julio de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO Y MONTAJE DE UN EQUIPO DE DISOLUCIÓN DE AZÚCAR EN CONTINUO, PARA EL APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO, CONSERVACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS Y OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE JARABE, EN UNA PLANTA DE FABRICACIÓN DE BEBIDAS CARBONATADAS

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

BYRON ESTUARDO CORADO RECINOS

ASESORADO POR EL ING. VICTOR HERBERT DE LEÓN MORALES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

GUATEMALA, JULIO DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Ángel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Lesbia Magaly Herrera López de López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Jorge Emilio Godínez Lemus
EXAMINADOR	Ing. Víctor Herbert de León Morales
EXAMINADOR	Ing. José Eduardo Calderón García
SECRETARIO	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO Y MONTAJE DE UN EQUIPO DE DISOLUCIÓN DE AZÚCAR EN CONTINUO, PARA EL APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO, CONSERVACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS Y OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE JARABE, EN UNA PLANTA DE FABRICACIÓN DE BEBIDAS CARBONATADAS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 09 de mayo de 2015.



Byron Estuardo Corado Recinos

Guatemala, 19 de octubre de 2013

Doctora
Mayra Castillo Montes
Director Escuela de Postgrado
Facultad de Ingeniería USAC
Ciudad Universitaria, Zona 12

Estimada Doctora Castillo:

Atentamente me dirijo a usted para informarle que estoy de acuerdo con el contenido del protocolo y acepto ser el asesor de tesis del estudiante Byron Estuardo Corado Recinos, carné 200312902, de la Maestría en Energía y Ambiente, cuyo título es "Diseño e implementación de un equipo de disolución de azúcar en continuo que permita optimizar la producción y el aprovechamiento energético".

El protocolo fue revisado conjuntamente con el estudiante, además posee las observaciones realizadas por el coordinador de área de la maestría

Sin otro particular, me es grato suscribirme de usted



Ing. M.Sc. Víctor Herbert de León Morales
Colegiado Activo No. 939

Víctor Herbert De León Morales
INGENIERO QUÍMICO
Colegiado No. 939

Guatemala, 19 de octubre de 2013.

**Doctora
Mayra Castillo Montes
Director Escuela de Postgrado
Facultad de Ingeniería USAC
Ciudad Universitaria, Zona 12**

Estimada Doctora Castillo:

Atentamente me dirijo a usted para trasladarle el protocolo de tesis del estudiante Byron Estuardo Corado Recinos, carné número 200312902, de la Maestría en Energía y Ambiente, cuyo título es "Diseño e implementación de un equipo de disolución de azúcar en continuo que permita optimizar la producción y el aprovechamiento energético".

El protocolo fue revisado conjuntamente con el estudiante, además, posee las observaciones realizadas por su asesor. En tal sentido, solicito sus amables oficios a efecto de continuar con el trámite correspondiente.

Sin otro particular, me es grato suscribirme de usted,

Atentamente,


**Ing. M.Sc. Juan Carlos Fuentes Montepeque
Área Desarrollo Socio-Ambiental y Energético**

**Ing. Juan C. Fuentes M.
M.Sc. Hidrología
Colegiado No. 2,504**

Adjunto:

Protocolo revisado y corregido.
Hoja de vida del asesor con copia de diplomas.
Constancia de colegiado activo del asesor.
Carta del asesor.
Hoja de aspectos a calificar.



Ref.EIQ.TG.088.2015

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el informe de la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería del estudiante, **BYRON ESTUARDO CORADO RECINOS**, ha optado por la modalidad de estudios de postgrado para el proceso de graduación de pregrado, que para ello el estudiante ha llenado los requisitos establecidos en el normativo respectivo y luego de conocer el dictamen de los miembros del tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el **Informe del Diseño de Investigación del Programa de Maestría en ENERGÍA Y AMBIENTE** titulado "DISEÑO Y MONTAJE DE UN EQUIPO DE DISOLUCIÓN DE AZÚCAR EN CONTINUO, PARA EL APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO, CONSERVACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS Y OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE JARABE, EN UNA PLANTA DE FABRICACIÓN DE BEBIDAS CARBONATADAS". Procede a **VALIDAR** el referido informe, ya que reúne la coherencia metodológica requerida por la Escuela.

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Víctor Manuel Morzón Valdez
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química



Guatemala, junio de 2015

Cc: Archivo
Copia: Colegio de Ingenieros Químicos de Guatemala
VMMV/ale





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala



Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Teléfono 2418-9142 / Ext. 86226

ADSE-MEAPP-005-2015

Guatemala, 09 de mayo de 2015.

Director:
Víctor Manuel Monzón
Escuela de Ingeniería Química
Presente.

Estimado Director:

Reciba un atento y cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación del (la) estudiante **Byron Estuardo Corado Recinos** carné número **2003-12902**, quien opto la modalidad del **"PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO"**. Previo a culminar sus estudios en la **Maestría en Energía y Ambiente**.

Y si habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Sin otro particular, atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

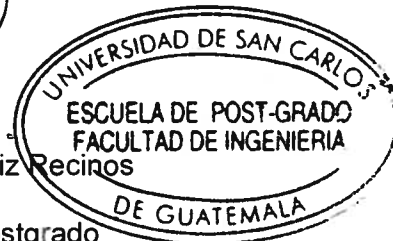
MSc. Ing. Victor Herbert de León Morales
Asesor (a)

Victor Herbert De León Morales
INGENIERO QUIMICO
Colegiado No. 939

Ing. Juan C. Fuentes M.
M.Sc. Hidrología
Colegiado No. 2,504

MSc. Ing. Juan Carlos Fuentes M.
Coordinador de Área
Desarrollo social y energético

MSc. Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Director
Escuela de Estudios de Postgrado



Cc: archivo
/la



DTG. 312.2015

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO Y MONTAJE DE UN EQUIPO DE DISOLUCIÓN DE AZÚCAR EN CONTINUO, PARA EL APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO, CONSERVACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS Y OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE JARABE, EN UNA PLANTA DE FABRICACIÓN DE BEBIDAS CARBONATADAS**, presentado por el estudiante universitario: **Byron Estuardo Corado Recinos**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, 3 de julio de 2015

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Quien me ha guiado, bendecido y permitido alcanzar mis metas y la persona que soy.
- Mis padres** Manuel Corado y Elvira Recinos, quienes siempre se esforzaron con toda su dedicación y amor para proporcionarme todos los medios para ser un hombre de bien. Dios los bendiga siempre.
- Mi esposa** Meyra Salome Flores. Quien me ha acompañado en mis éxitos y fracasos, me ha comprendido y dado fuerza para conseguir mis metas.
- Mis hermanos** Lorena, Reyna, Marvin, Carlos y Marcial. Por siempre darme ánimos para seguir luchando por mis sueños.
- Mis hijos** Manuel Andréé y Jade Valentina. Que nos han llenado de amor y momentos inolvidables con su ternura y sus ocurrencias. Y por quienes lucho para ser un hombre de bien.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por la fuerza que ha proporcionado para llevar este proceso y por el amor que siempre me sostiene.
Facultad de Ingeniería	Por haberme permitido recibir la educación. Y haber sido mi segunda casa durante mis años de estudio.
Mis catedráticos	Porque cada uno, con su forma de ser me han transmitido sus valiosos conocimientos y me han enseñado cómo ser en la vida una persona de éxito.
Dra. Mayra Castillo	Por su constante apoyo y ayuda en el proceso de revisión, además de haber compartido sus conocimientos.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	I
INTRODUCCIÓN.....	III
ANTECEDENTES.....	VII
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	XI
JUSTIFICACIÓN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
ALCANCES.....	XVII
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Auditorias energéticas en el sector industrial	1
1.2. Azúcares.....	3
1.2.1. Sacarosa	4
1.2.2. Propiedades físicas y químicas	4
1.3. Disolución	6
1.4. Turbulencia.....	6
1.5. Balance general de masa.....	7
1.5.1. Balance hídrico y de energía	4
1.6. Conductimetría	8
1.7. Responsabilidad ambiental.....	8
1.8. Cambio climático	8
1.9. Proceso por lotes.....	8
2.0. Proceso de flujo continuo	9
2. ÍNDICE PROPUESTO.....	11
3. METODOLOGÍA.....	13
3.1. Caracterización de variables de diseño	13
3.2. Fases experimentales	13

3.3.	Metodología experimental	14
3.3.1.	Procedimiento experimental	15
3.3.1.1.	Diseño del disolutor	15
3.4.	Uso del disolutor en continuo	16
3.5.	Técnicas de análisis de información.....	16
4.	RECURSOS.....	19
4.1.	Localización	19
4.2.	Recursos humanos	19
4.3.	Recursos materiales.....	20
5.	ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS	21
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23
	APÉNDICE	27

I. INTRODUCCIÓN

El proyecto tuvo sus inicios en la planta de producción de Cervecería Centroamericana, ubicada en Finca el Zapote final zona 2, todo surge con el fin de aprovechar la energía utilizada en el proceso productivo de elaboración de jarabe para maximizar el volumen de producción, en el proceso de disolución de azúcar para la preparación de jarabe simple concentrado utilizado como base de formulación tanto en la preparación de bebidas carbonatadas, bebidas isotónicas como en la fermentación de cerveza, por la alta demanda de jarabe simple a raíz del incremento de productos finales y la baja capacidad de respuesta de producción del proceso actual por lotes, se propone el diseño de un equipo denominado disolutor de azúcar en continuo que busca resolver la problemática en primer plano del volumen de agua desperdiciado en el proceso productivo y limpieza de tuberías, se logra un ahorro de agua mínimo aproximado de 18,000 galones semanales, en segundo plano ahorro energético de la energía desaprovechada en forma de vapor, aire comprimido, energía eléctrica a través de una menor cantidad de equipos auxiliares implicados.

En este trabajo de investigación, se propone estudiar la eficiencia energética a través del desarrollo de un equipo que permita un proceso en continuo de disolución de azúcar, tiene como directriz el principio del uso eficiente de la energía y conservación de los recursos hídricos.

La metodología consistirá en la recolección de datos históricos de producciones batch, luego se hará una recolección de datos por proceso continuo, se realizará un balance energético de ambos procesos, se realizará una comparación de los datos y se tratarán con multivarianza estadística.

(Coulson, J.M.; Richardson, 1997, pág. 354). Además cuantificar el volumen de agua que se dejará de utilizar por día en el proceso.

El trabajo cuenta con los antecedentes de las investigaciones del tema, así también con la justificación, definición del problema y marco teórico donde se establecen los lineamientos teóricos en los que el estudio se realizará como lo es entender cuáles son los pasos de una auditoria energética industrial, definir las diferencias entre un proceso por lotes y continuo para la producción de jarabe.

El objetivo general se alcanzará por medio de una metodología conformada por tres fases; la primera será la recopilación de datos: estimación de datos de energía y cuantificación de volumen de agua entre proceso por lotes vs. continuo. En la segunda fase, se definirán y cuantificarán las estimaciones de las variables y condiciones óptimas de operación y diseño para equipo en continuo la cual es una fase experimental.

La tercera fase que consiste en la estimación de datos de costos y ahorros energéticos de los procesos de producción de jarabe en continuo y por lotes, para la validez de los datos obtenidos y desarrollar el diseño óptimo de acuerdo a las variables cuantitativas y cualitativas de diseño y el estudio financiero de factibilidad así como el ahorro de agua para mejorar su utilización y manejo responsable del recurso hídrico. En esta fase se discutirán los resultados obtenidos del estudio de investigación

En el capítulo uno, se definen los antecedentes de la problemática de estudio para el diseño del equipo que busca la eficiencia energética y optimización de utilización del recurso hídrico. En el capítulo dos, se abordará la teoría de los temas que sustentan la investigación sobre los tópicos que

abordan como: auditoría energética industrial, azúcares y sus propiedades, balance hídrico y energético, responsabilidad y aspectos ambientales, cambio climático, definición de procesos por lotes y proceso continuo.

En el capítulo tres, se abordará la metodología, proceso experimental del estudio, variables y criterios de diseño, materiales. El capítulo cuatro se describe el estudio financiero comparativo entre los procesos de estudio.

En el capítulo cinco, se abordará la presentación de los resultados de los datos obtenidos del estudio, y por último, el capítulo seis es la discusión de los resultados obtenidos del estudio.

II. ANTECEDENTES

Cervecería Centroamericana es una empresa dedicada a la elaboración de bebidas carbonatadas, bebidas isotónicas, néctares y cerveza. Dicha empresa está comprometida a crear valor a largo plazo, satisface continuamente a sus consumidores con bebidas de marcas líderes, siendo la mejor propuesta de negocio para sus clientes, convirtiéndose en modelo para la sociedad de la región y compensando la inversión de los accionistas, así mismo con un concepto de mejora continua donde se puedan hacer más eficientes los procesos productivos y el uso de energía implicada en los procesos haciéndolos eficientes, así como la conservación de recursos hídricos.

Así mismo, los recursos como el agua que cada vez es vital, por lo que se tiene que regular su uso o mejorarlo para aprovechar al máximo el recurso y contribuir a su conservación. (Energía, 2008)

El proyecto se inició específicamente en el Área de Jarabes, la cual forma parte del proceso en la preparación de jarabe simple concentrado, para su posterior mezclado agua-CO₂, embotellado y empacado. En el área se diagnosticó el uso ineficiente de energía así como desperdicios de materia prima que se traduce en desechos sólidos, así como el uso innecesario del agua por utilizar un proceso que así lo requiere.

El diseño del estudio de investigación se llevará a cabo con base al siguiente procedimiento:

- Reconocimiento del equipo

- Comprensión del proceso
- Balance hídrico y energético actual
- Relación disponibilidad-uso-calidad
- Determinación del capital hídrico del área
- Reconocimiento de registros
- Recolección de datos de producción y de consumo energético
- Elaboración diagramas de flujo
- Demostración de viabilidad y factibilidad del proyecto

En Europa, específicamente en los países de Italia, Alemania, España, Holanda fueron los primeros en incursionar en este tipo de procesos con miras en el ahorro energético y eficiencia de procesos de consumo masivo, propone sistemas que permiten administrar el agua utilizada en los procesos dado que son países con un bajo capital hídrico y con un alto consumo de bebidas carbonatadas y cerveza por lo que han mejorado e implementado, la producción continua.

“Para la disolución en continuo del azúcar, A DUE pionero en desarrollo de este tipo de procesos propone unidades monobloque en bastidor autoportable utilizadas en la industria de bebidas de Italia desde hace 20 años de su creación, desarrolla en equipos de dimensiones compactas y fáciles de instalar, incluso en salas de jarabes ya existentes, mejorando los procesos de producción de industrias comprometidas con la conservación del ambiente y mejora continua” (*Anber, 2011*, pág. 105).

Este diseño de equipo permite optimizar el espacio y en bloques unitarios ser más eficiente, para obtener mayor volumen de producto con un menor volumen de agua utilizada, en comparación de agua utilizada en un proceso por lotes que utiliza un mayor volumen de agua por limpieza entre lotes producidos.

“DINAMIX de funcionamiento completamente automático, capaz de disolver en continuo azúcares blancos de remolacha y azúcares morenos de caña de azúcar granulados, en frío o en caliente, cantidades de jarabe variables entre los 3.000 y los 30.000 l/h, con concentraciones de hasta 82 °BX. El diseño de la instalación prevé un número reducido de componentes, con el objetivo de simplificar las distintas fases de elaboración; además, un racional sistema de tuberías permite recuperar el jarabe residual y efectuar las operaciones de lavado y sanitización. Para la versión en caliente, está previsto el sistema de pasteurización HTST integrado con recuperación de calor de alta eficiencia, para garantizar el máximo ahorro energético.” (A *DUE di SQUERI DONATO*, 2010, Pág. 48).

El diseño de este equipo permite controlar el proceso en línea, esto por la interrogación utilizando equipos electrónicos que pueden controlar parámetros de flujo, concentraciones, temperatura, pasteurización y sanitización. Optimiza el tiempo de cada proceso y la utilización de la cantidad exacta de los recursos.

“En Latinoamérica, los países pioneros en mejorar los procesos para el aprovechamiento de energía fueron en México, la empresa Coca cola que fue la primera en los años 90 en introducir este tipo de tecnologías y mejoras en sus procesos en las plantas de Agua Caliente reduce el uso del agua en 35,000 galones de agua semanales y 305 Kwatt su consumo en energía eléctrica, Venezuela y Chile se suman a los países que han mejorado sus procesos productivos con mira a la reducción de recursos utilizados y mitigación de impactos ambientales”. (A *DUE di SQUERI DONATO*, 2012, Pág. 52-54).

El crecimiento de mercado de productos de consumo masivo como las bebidas carbonatadas ha obligado a los fabricantes de las mismas a buscar tecnologías con mayor eficiencia, tanto de consumo energético como de

utilización de agua, que permitan de manera responsable un mejor uso de agua que es un recurso que se tiene que utilizar de forma responsable.

La Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia de la República (SEGEPLAN) considera el agua como un recurso estratégico para el desarrollo del país, pues si bien en términos absolutos se afirma que el país cuenta con recursos hídricos suficientes. Por otro lado, la escasez del agua o contaminación se han vuelto recurrentes durante los últimos años, como lo demuestran abundante evidencia empírica y lo señalan los informes de percepción periódicamente elaborados para el Gobierno.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema surgió a partir que los procesos utilizados para la elaboración de jarabe simple actuales se volvieron ineficientes y poseían un alto consumo de recursos implicados, por lo que se establecen dos ejes principales, uno energético donde la población y el comercio requieren un aprovechamiento de la energía utilizada en el proceso (electricidad, vapor, aire comprimido) a través de mejorar los procesos actuales en la elaboración de jarabe que se han vuelto ineficientes, por la alta demanda de jarabe concentrado se utiliza como base para la preparación de bebidas carbonatas, isotónicas y cerveza, a su vez, el alto consumo energético y de agua en que se incurre, el principio de que los cuerpos de agua cada vez necesitan mayor control para su conservación, máxime en el casco urbano, es una de las directrices que motiva a mejorar el diseño de los procesos que busca el aprovechamiento energético. El otro es el ambiental; donde el alto consumo de agua está presionando a ser más riguroso en el cuidado del agua, porque su uso desmedido y sin control genera contaminación de los cuerpos de agua, sequías, deforestación, la recarga hídrica y la erosión del suelo.

La disponibilidad de energía es un aspecto fundamental en la vida de las personas y el equilibrio del medio ambiente en general. El uso integral y equilibrado de los recursos y su acceso, es fundamental para asegurar el

desarrollo sostenible y un elemento esencial en la calidad de vida de las personas y en caso de Guatemala un elemento fundamental en la reducción de la pobreza. (INAB, 2012). El estudio pretende con el diseño, contestar las siguientes preguntas basadas en los objetivos planteados:

PREGUNTA CENTRAL:

- ¿Cuál es el diseño y proceso de implementación adecuado de un equipo de disolución de azúcar en continuo que promueva la eficiencia energética y conservación de los recursos hídricos en el área de la zona 2 de Guatemala?
1. ¿En qué medida se puede incrementar el volumen de producción de jarabe al optimizar el uso de recursos implicados en el proceso?
 2. ¿Cuánta agua se utiliza y en qué etapa del proceso se ubica cada uso?
 3. ¿Qué problemática enfrenta su utilización y el impacto que produce sobre el proceso productivo?
 4. ¿De cuáles equipos se puede prescindir en el proceso de producción de jarabe en continuo, para reducir el uso de las energías implicadas (vapor, energía eléctrica)?

IV. JUSTIFICACIÓN

El estudio se enmarca en la línea de investigación sobre uso eficiente de la energía que se logrará a través del diseño, la implementación y puesta en marcha de la planta de disolución en continuo de azúcar mejora el aprovechamiento de los recursos energéticos (aire comprimido, vapor, energía eléctrica, químicos de limpieza de tuberías) e hídricos que intervienen en el proceso de elaboración de jarabe simple, esto se logrará a través del desarrollo de una auditoría energética del proceso actual para identificar los principales problemas o desaprovechamientos de las distintas energías y recursos.

A través de un análisis exhaustivo del proceso, en busca de las medidas de eficiencia energética suficientes para satisfacer los criterios financieros solicitados por los inversionistas, que permite una eficiencia energética del proceso para reducir los costos de operación implicados en la elaboración de jarabe simple concentrado utilizado como base de formulación de bebidas carbonatas y en la fermentación de cerveza, a través del cambio de proceso de disolución batch o por lotes, a un proceso de disolución en continuo, que permite incrementar el volumen de producción, reducir el tiempo de respuesta de producción, encontrando como grandes medidas de uso eficiente y sostenible de la energía, la energía innecesaria por utilizar equipos auxiliares en el proceso, el calor requerido para mantener las condiciones necesarias los tanques de jarabe y la reducción considerable del volumen de agua utilizado, que es una forma de conservación y control del recurso hídrico.

El estudio también busca reducir el área en donde se implementó el proyecto, a través de una menor intervención de tanques de almacenamiento (actualmente una batería de cuatro tanques) de un proceso por lotes, utilizado

únicamente como buffer o de recepción con un nivel mínimo y máximo, se logrará optimizar al mismo tiempo el espacio físico, una menor cantidad de equipos auxiliares en el proceso, lo que permitirá a la industria de las bebidas carbonatadas reducir drásticamente sus costos operativos en la preparación de jarabe, así como mejorar el tiempo de respuestas en lotes de producción.

El estudio de factibilidad y viabilidad permitirá iniciar el diseño, montaje de las instalaciones y de la máquina propuesta que se lleva a cabo con base a un proyecto realizado en estrecha colaboración con la creciente necesidad de aumentar los volúmenes de producción, al menor costo y tiempo empleando de la mejor forma los recursos que intervienen en el proceso, además de llevar a cabo una producción más limpia y eficaz. Esto se demostrará llevando a cabo una auditoría energética que cuantifique la energía utilizada en el proceso actual y después del cambio, así como un balance hídrico que demuestre la reducción de utilización de agua.

Con este diseño se pretende mejorar el aprovechamiento de la energía utilizada y promover la conservación del recurso hídrico, a través de mejoras tecnológicas de procesos productivos, en busca de ahorros de costos con responsabilidad de las empresas en el manejo adecuado de los recursos. Se proporcionará la documentación necesaria para la fase de planificación.

V. OBJETIVOS

General:

- Diseñar e implementar un equipo de disolución de azúcar en continuo, para promover la eficiencia energética, conservación y uso adecuado de los recursos hídricos del área de la zona 2 de Guatemala.

Específicos:

1. Determinar en qué porcentaje se incrementa el volumen de producción de jarabe, mediante la optimización de los recursos implicados.
2. Determinar el porcentaje de agua que se deja de utilizar en el proceso productivo.
3. Describir la problemática de la utilización de un sistema de control y el impacto sobre el proceso.
4. Identificar los equipos auxiliares de los que puede prescindirse dentro del proceso, para reducir el consumo energético.

VI. ALCANCES

Llevar a cabo el correcto desempeño y uso del disolutor en continuo de azúcar, en el área de dilución de azúcar, planta de embotellado Cervecería Centroamericana, ubicada en la Finca el Zapote final zona 2. Establecer el procedimiento operativo y mantenimiento a seguir para realizar los cocimientos en la planta de disolución de azúcar en continuo.

El trabajo de graduación es de carácter descriptivo, al investigar sobre el tema existe escasa información sobre la optimización de procesos productivos, con énfasis en el aprovechamiento energético y conservación de los recursos hídricos. El trabajo también tiene característica de un estudio que determinará la diferencia entre un proceso por lotes y un diseño de un equipo que se vuelve continuo el proceso. El aprovechamiento energético se cuantificará a través de realizar una auditoría energética, realizando un balance hídrico y energético, de esa manera exponer la interpretación de los resultados obtenidos para promover que en la industria si es posible buscar la mejora continua con énfasis al mejor el uso energético y conservación de los recursos, repercutiendo también con los intereses de los accionistas, para reducir costo y contribuir a mitigar los impactos al ambiente.

En relación con la aplicación la investigación tiene características bibliográficas y experimentales *in situ*, con la finalidad de cuantificar el ahorro energético que se obtendrá al implementar el diseño propuesto.

De acuerdo con el enfoque, la investigación es cuantitativa, siguiendo el

método deductivo, haciendo una recolección sistemática de los datos, aplicando un modelo experimental, tabulando los resultados y aplicando metodología estandarizada para su interpretación. Finalmente, se efectuará el análisis estadístico y la interpretación de resultados.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Auditorías energéticas en el sector industrial

Cada vez con mayor frecuencia en las últimas décadas, las auditorías energéticas han permitido reducir la demanda de energía, cada día más costosa, los gastos y avanzar hacia un desarrollo sostenible. Esto ha hecho que las auditorías energéticas sean cada vez más populares. El realizar una auditoría energética es reducir los consumos energéticos en el sector industrial a través de guías de ahorro y eficiencia energética, los programas de auditorías energéticas han demostrado su eficacia a escala mundial para mejorar el rendimiento energético de las instalaciones industriales.

En este sector las auditorías energéticas persiguen un triple objetivo:

Adecuar los consumos reales de la planta a los consumos nominales, garantizando un buen mantenimiento de las instalaciones.

Reducir los consumos nominales con nuevas tecnologías que aumenten la eficiencia del consumo energético.

Minimizar la demanda del proceso optimizando la operación de los servicios energéticos.

El consumo energético de cualquier equipo, sistema o fábrica puede calcularse de la siguiente manera:

$C = D/n$ Donde **C** es el consumo energético, **D** la demanda energética y **n** la eficiencia. (Clark, William, 1998, pág. 125)

A través del cálculo del consumo energético, se utilizará el modelo anterior para cuantificar la energía total necesaria para cada proceso, para comparar el ahorro mensual proyectado al implementar un proceso continuo.

“El análisis de los balances anuales de disponibilidad hídrica elaborados por el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología” (INSIVUMEH, 2006 y 2009, pág. 12) y por el programa del Plan Maestro de Riego (PLAMAR), permite estimar que el país cuenta con una disponibilidad de 97,120 millones de m³ anuales de agua (SEGEPLAN, 2006 y 2006a); se estima que las aguas subterráneas representan alrededor de 33,699 millones de m³ anuales de agua (INSIVUMEH, 2009, pág. 32). “La disponibilidad total anual equivale a una cantidad siete veces mayor que la establecida como límite de riesgo hídrico de acuerdo con el estándar internacional de 1,000 m³/habitante/año” (SEGEPLAN, 2006; MARN et al, 2009, pág. 66).

Analizando los datos de las diferentes estudios de las instancias, se concluye que los recursos hídricos del país son altos, pero del área en específico se tiene que regular su uso y utilizar de manera eficiente y responsable, ya que los niveles de extracción del vital líquido cada vez es mayor y está afectado por los períodos de lluvia y sequía de la zona.

“Del volumen total de agua disponible anual se estima que sólo se aprovecha cerca de 9,700 millones de m³ que equivalen al 10 % de dicho total. Sin embargo, la cantidad de agua disponible estimada del mes más seco del año es aproximadamente 4,800 millones de m³, que se distribuye naturalmente de forma irregular en 3 vertientes y 38 cuencas” (SEGEPLAN, 2006) “provocando estrés hídrico tanto en el altiplano oriental como en el altiplano

central occidental, la costa sur y el norte de Petén, pues las demandas de agua son superiores a la oferta estacional” (IARNA-URL e IIA, 2006).

La distribución del agua no es proporcional para las diferentes áreas del país, por lo que el uso eficiente y responsable permite su mejor aprovechamiento.

1.2. Azúcares

Los azúcares están clasificados químicamente como carbohidratos, grupo numeroso y ampliamente diseminado de sustancias naturales que se caracterizan por ser compuestos de carbono combinado con oxígeno e hidrógeno en las proporciones que se requieren para formar agua. No son hidratos en el sentido estricto de este término; estructuralmente, son compuestos de cadenas de carbono, más frecuentemente de 5 o 6 átomos de longitud; o productos inferiores de condensación de tales compuestos.

“Los monosacáridos son los más simples de estos compuestos y comprenden sustancias tales como las pentosas y las hexosas, formadas por cadenas de 5 y 6 carbonos, respectivamente. Las triosas (tres carbonos), las tetrasas (cuatro carbonos), y las heptosas (siete carbonos), se encuentran en la naturaleza con mucha menos frecuencia. La condensación de dos de estos compuestos simples origina disacáridos, y la de tres monosacáridos forma trisacáridos. Los productos de la condensación de más de tres monosacáridos no poseen las propiedades que se consideran características de los azúcares”. (Rakoff, H., pág. 228)

Las configuraciones de los grupos hidroxilo y los átomos de hidrógeno en los azúcares, son las que determinan la propiedad de los azúcares de

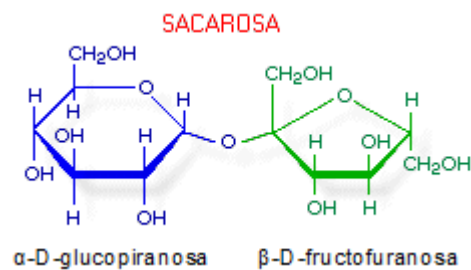
ocasionar la rotación del plano de la luz polarizada; en esta propiedad se han basado los métodos más ampliamente empleados para la determinación de la presencia de azúcares en los jugos y los productos de la fabricación de azúcar.

1.2.1. Sacarosa

Es el azúcar refinado del comercio, está ampliamente diseminado por todo el reino vegetal. Las fuentes comerciales, aparte de la caña de azúcar, son la remolacha azucarera y (en menor volumen) el árbol de arce, ciertas palmas, y el sorgo dulce que se usa para la fabricación de jarabe.

La sacarosa es un disacárido producido por la condensación de glucosa y fructosa, y tiene la fórmula empírica $C_{12}H_{22}O_{11}$. Se ha determinado que su estructura y configuración estereoquímica (cuya representación espacial puede verse en la figura 1) son la de α -D-glucopiranosil- β -D-fructofuranósido. (Battaner E., 2012).

Figura 1. Estructura y configuración de la sacarosa



Fuente: (Battaner E., 2012, pág. 119)

1.2.2. Propiedades físicas y químicas

La sacarosa es una sustancia soluble en el agua que cristaliza en forma

monoclínica característica; el punto de fusión de los cristales es aproximadamente 184 °C; es fácilmente soluble en agua, alcohol etílico y amoníaco diluidos, prácticamente insoluble en el alcohol etílico anhidro, en éter, en cloroformo y en glicerol anhidro.

“En solución, éste azúcar es dextrógiro, con una rotación específica de $[\alpha]+66.53^\circ$ a una concentración de 26 gramos por 100 ml de agua. Esta propiedad es de gran importancia, por constituir la base de los métodos polarimétricos de análisis. Además, no presenta mutarrotación y no forma osazonas con fenilhidrazina”. (<http://www.perafan.com/ea02azuc.html>)

La propiedad física más notable de la sacarosa es su sabor dulce. En la comparación del dulzor se emplea frecuentemente la sacarosa como sustancia patrón con valor de 100. El dulzor relativo de la fructosa depende de la temperatura y de la concentración; a 5 °C es de 143.7; a 40 °C tiene igual dulzor que la sacarosa; a 60 °C es solamente 79. (Battaner E., 2012).

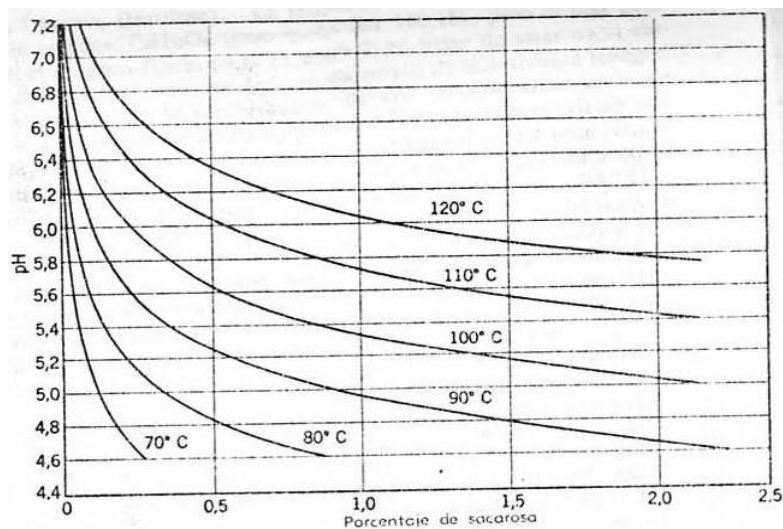
Tabla I. **Dulzor relativo de los azúcares en solución de 10 %**

Azúcar	Dulzor Relativo
Fructosa	120
Sacarosa	100
Glicerol	77
Glucosa	69
Galactosa	67
Manitol	64
Lactosa	39

Fuente: (Rakoff, H. & Norman R., pág. 318).

La sacarosa tiene dos propiedades químicas predominantes: no es reductora y se hidroliza rápidamente. Se llama no reductora a la sacarosa porque no reduce el cobre del líquido de Fehling ni sus equivalentes; la razón es que los grupos reductores de los dos monosacáridos integrantes están unidos con enlace glicosídico. Sin embargo, reactivos más energéticos atacan la molécula de sacarosa y explican el empleo de la sacarosa como antioxidante.

Figura 2. **Inversión de sacarosa por hora a diferentes temperaturas**



Fuente:(Perry, R.H.Chen, 1997, pág. 636)

1.3. Disolución

Una disolución es una mezcla homogénea formada por dos o más sustancias denominadas componentes. Es una mezcla donde las cantidades de los componentes no son fijas y no hay reacción química en la unión de los componentes. Tiene la misma composición con las mismas propiedades en todas sus partes, cojamos la porción de mezcla que cojamos en cada una de ellas siempre encontraremos el mismo contenido en cuanto a sus

componentes. Las partículas de los componentes son de tamaño molecular. (N.R. Cabrera, 2007)

1.4. Turbulencia

La forma en la que un fluido fluye a lo largo de una tubería puede dividirse en laminar y turbulento. En la primera las partículas fluyen de manera ordenada mientras que en la segunda se crean cambios bruscos de presión y velocidad que tienen por consecuencia el apareamiento de vórtices de diferentes escalas. Uno de los principales requerimientos del disolutor es que opere en la región turbulenta, esto es decir a números de Reynolds iguales o por encima de 4000. El número de Reynolds es una comparación entre los términos convectivos y los términos viscosos de las ecuaciones de Navier-Stokes que gobiernan el movimiento de los fluidos. (Betancourd, R., 2003)

$$N_{Re} = (\phi * V_s * D) / \mu$$

Donde:

N_{Re} es el número adimensional de Reynolds

ϕ es la densidad del fluido

V_s es la velocidad promedio lineal del fluido

D es el diámetro de la tubería por la que fluye el fluido

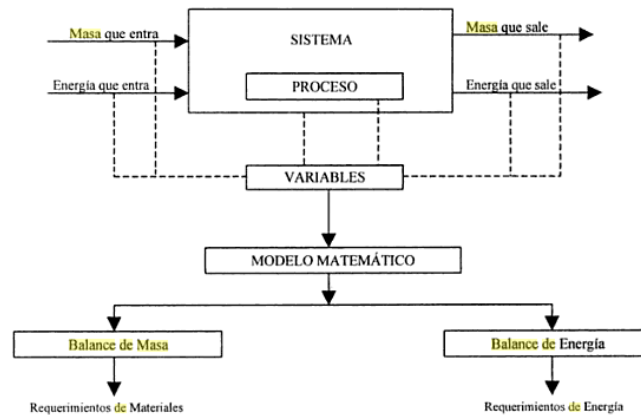
M es el diámetro de la tubería por la que fluye el fluido

1.5. Balance general de masa

Para que se pueda realizar un balance de moles en cualquier sistema, primero hay que especificar las fronteras del sistema. Se llamará volumen del sistema al volumen encerrado por dichas fronteras. Al realizar un balance de

moles de la especie j en un volumen del sistema, donde la especie j representa la especie química que interesa. (Patiño Olivares, A., 2000)

Figura 3. Diagrama de balance de energía



Fuente:(Patiño Olivares, A., 2000, pág. 1).

El diagrama anterior ejemplifica el estudio a realizar a los procesos de producción, a través de un balance de energía y materia para cuantificar el ahorro.

1.6. Conductimetría

La conductimetría es un método que se utiliza para medir la conductividad de una disolución, determinada por su carga iónica, o salina, de gran movilidad entre dos puntos de diferente potencial. La conductividad eléctrica es un fenómeno de transporte en el cual la carga eléctrica (en forma de electrones o iones) se mueve a través de un sistema. (Coulson, J.M., 1997)

1.7. Responsabilidad ambiental

La responsabilidad ambiental es la imputabilidad de una valoración positiva o negativa por el impacto ecológico de una decisión. Se refiere generalmente al daño causado a otras especies, a la naturaleza en su conjunto a las futuras generaciones, por las acciones o las no-acciones de otro individuo o grupo.

1.8. Cambio climático

Actualmente, el mundo se enfrenta ante el reto de combatir el cambio climático, al mismo tiempo que persigue el crecimiento económico. De ahí el papel fundamental que desempeña el sector energético en el desarrollo económico y social del país. Por lo que resulta fundamental cambiar la forma en que el país produce y consume la energía para garantizar un futuro sustentable.

La eficiencia energética es el camino hacia esa transición energética, es la solución que permite el uso racional de la energía a la vez que se mantienen los niveles de competitividad. El consumo adecuado de energía es indispensable para el desarrollo económico y social de un país. La situación actual exige cambiar la forma en que se produce y consume la energía, para garantizar un desarrollo económico sustentable, también satisfacen las necesidades energéticas por medio del uso racional de los recursos y las tecnologías y los grandes agentes del cambio es el sector industria.

El sector energético debe afrontar y mitigar los efectos del calentamiento global con las herramientas disponibles. Desde la perspectiva de la oferta energética, una solución a este reto es el impulso a las energías renovables y

el desarrollo de tecnologías de baja emisión de carbono; mientras que por el lado de la demanda, una repuesta es el uso eficiente de la energía. (Comisión Nacional de Energía Eléctrica, 2012).

1.9. Proceso por lotes

Es aquel proceso que su volumen de producción está dado por un volumen establecido en intervalos de tiempo.

2.0. Proceso continuo

Es aquel proceso cuyo fin productivo es de forma continua, por lo que su volumen de producción es mayor en cualquiera que sea su aplicación, reduciendo las mermas.

2. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

Índice General.....	I
Índice de ilustraciones.....	II
Lista de símbolos.....	III
Glosario.....	IV
Resumen.....	V
Planteamiento del problema y formulación de preguntas orientadoras.....	VI
Objetivos.....	VII
Introducción.....	VIII
1. Antecedentes.....	1
1. MARCO TEÓRICO	1
1.1. Auditoría energética industrial.....	1
1.2. Azúcares	3
1.2.1. Sacarosa.....	4
1.2.2. Propiedades físicas y químicas.....	4
1.3. Disolución.....	6
1.4. Turbulencia.....	6
1.5. Balance general de masa.....	7
1.5.1. Balance hídrico y de energía.....	7
1.6. Conductimetría.....	8
1.7. Responsabilidad ambiental.....	8
1.8. Cambio climático y aspectos ambientales.....	8
2.0. Proceso por lotes.....	8
2.1. Proceso de flujo continuo.....	9

3. METODOLOGÍA

3.1. Metodología experimental

3.1.1. Procedimiento experimental

3.1.2. Diseño del disolutor

3.1.2.1. Criterios de elección de volumen, diámetro y longitud

3.1.2.2. Materiales de construcción del disolutor en continuo

3.1.2.3. Elementos muestreadores y conectores

3.1.2.4. Sistema de bombeo

3.1.2.5. Construcción del disolutor en continuo

3.1.2.6. Calibración equipos auxiliares

3.1.2.7. Verificación de la reacción del sistema

3.1.2.8. Uso del disolutor en continuo

4. ANÁLISIS COMPARATIVOS DE COSTOS

5. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

5.1 Tratamiento de datos obtenidos

5.2 Planos detallados del disolutor en continuo

6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APÉNDICE

ANEXO

3. METODOLOGÍA

3.1. Caracterización de variables de diseño

Variables cualitativas para diseño:			
Color azúcar refinado:		Blanco	
Color jarabe a 65°Brix:		Amarilloso (Turbidez 2)	
Calidad de vapor:		Vapor saturado seco	
Color agua de alimentación		Transparente (Turbidez 0)	
Variables cuantitativas para diseño:			
Parámetro	Mínimo	Máximo	Unidad
Concentración jarabe	60	65	°Brix
Caudal nominal jarabe	8000	12000	L/h
Temperatura de disolución	75	85	°C
Temperatura ambiental	15	40	°C
Temperatura alimentación agua	20	26	°C
Humedad azúcar	0	10	%
Granulometría azúcar	0.1	1	mm
Presión de vapor	3	8	Bar
Presión de agua	2	2.5	Bar

3.2. Fases:

- Fase I, recopilación de datos: estimación de datos de energía y cuantificación de volumen de agua entre proceso por lotes vs. continuo.

- Recopilar datos de volumen de jarabe producido y agua utilizada proceso por lotes
 - Recopilar datos de volumen de jarabe producido y agua utilizada proceso por continuo
 - Cálculo de variación del volumen utilizado entre procesos
 - Determinar el consumo energético de los equipos dentro de cada proceso
 - Comparación de costos energéticos
- Fase II, experimental: estimación de las variables y condiciones óptimas de operación y diseño para equipo en continuo.
 - Determinar las variables que afectan y condiciona el diseño del equipo
 - Determinar las variables de control y operación
 - Estudio de factibilidad financiera y operacional y tiempo de retorno de la inversión
 - Fase III, recopilación de datos: estimación de datos de costos y ahorros energéticos.
 - Discusión e interpretación de los resultados tabulados

3.3. Metodología experimental

Fase 1: Procedimiento

- Toma de datos de producción de jarabe por lotes
- Determinación y medición de las variables cuantitativas asociadas al diseño (temperatura, humedad, vapor, aire)

- Realizar un balance energético para determinar el punto de equilibrio entre la Relación disponibilidad-uso-calidad
- Diseñó un equipo de disolución de azúcar en continuo que permita optimizar la producción de jarabe concentrado y el aprovechamiento energético implicado en el proceso, esto incluye el sistema de bombeo de reactivos, reactor, colector de productos y una base estable y duradera de soporte.
- Construcción del disolutor de azúcar arriba diseñado.
- Toma de datos de producción de jarabe en continuo
- Análisis estadístico comparativo para determinar la factibilidad del proyecto.
- Análisis financiero y auditoria energética para demostrar el ahorro energético, aprovechamiento de materias primas.
- Implementación de registro para monitoreo de producción de jarabe en continuo.

Figura 4. **Registro de control de elaboración de jarabe simple**

FABRICA DE BEBIDAS GASEOSAS SALVAVIDAS, S.A.
 DEPARTAMENTO DE PRODUCCION

ELABORACIÓN DE JARABE SIMPLE PROCESO CONTINUO

SAR-2109-R-0032



FECHA		OPERADOR		OPERADOR	
TURNO		OPERADOR		OPERADOR	

HORA	TANQUE No.	VOLUMEN (GL)	DESTINO	TIPO AZÚCAR	AZÚCAR (KG)	TEMP. (°C)	°BRIX FINAL	ORGANOLÉPTICAS			OPERADOR	OBSERVACIONES
								OLOR	SABOR	COLOR		
06:00												
07:00												
08:00												
09:00												

Fuente: "Departamento de producción, 2012".

Si la temperatura es más elevada, todos los paneles de control tienen que estar dotados de sistemas de aire acondicionado, lo cual supondrá un coste adicional.

Fase 2: Ensayo y puesta en marcha

Las instalaciones y la máquina que se proponen serán ensayados por ADUE con 3 producciones de prueba, junto con llenadoras, inmediatamente después de terminado el montaje. Se efectuarán producciones para medir el volumen de producción por turnos

3.4. Equipo de disolución de azúcar

Compuesto por, disolutor en continuo:

- **n.1 + 1** cámaras de disolución final
- n.1 filtro en línea para la protección de las bombas.
- n.1 intercambiador de calor de placas para flujos densos (en recirculación)

Dimensiones:

- Ancho 2200 mm. aprox.- Largo 3500 mm. aprox.- Alto 2800 mm. aprox.

Requerimientos de funcionamiento de equipo:

- Potencia eléctrica instalada: 38 kW.
- Vapor: 1.800 kg/h

3.5. Técnicas de análisis de información

- De los datos obtenidos de producción de jarabe en continuo.
- Se realizará una tabla que contengan datos de proceso por lotes y proceso continuo.

Tabla II. **Registro para cuantificar porcentaje de agua**

Día	Volumen de jarabe producido en continuo (Gal)	Volumen de jarabe producido por lotes (Gal)	Porcentaje de reducción de utilización de agua en proceso continua	Porcentaje de reducción de utilización de agua en proceso limpieza

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. **Registro para cuantificar consumo energético de equipos por procesos**

Equipo	Consumo energético(Continuo) (KW)	Consumo energético (lotes) (KW)	Comparación porcentaje de reducción consumo energético

Fuente: elaboración propia.

- Se realizará un análisis estadístico (análisis de varianza y desviación estándar) comparativo entre los procesos para determinar la factibilidad del proyecto.
- Interpretación de los resultados obtenidos del análisis estadístico, además del desarrollo de gráficas para entender mejor la diferenciación,

y realizar el análisis financiero y auditoría energética para demostrar el ahorro energético, aprovechamiento de materias primas.

4. RECURSOS

4.1. Localización

La parte experimental de la investigación se llevó a cabo en las instalaciones de dilución de azúcar de Cervecería Centroamericana, ubicada en Finca el Zapote la zona 2.

4.2. Recursos humanos

Investigador: Byron Estuardo Corado Recinos

Asesor técnico: Ing. Víctor de León

Ingenieros consultados: Ing. Turno Operaciones

Técnicos y Operarios área dilución de azúcar

4.3. Recursos materiales

Lista de componentes de diseño disolutor:

Bombas centrífugas

Tuberías de acero inoxidable Aisi 304

Válvulas

Válvulas moduladoras

Descargador agua de condensación

Reductor de vapor

Intercambiador de calor de placas

Transmisor de nivel

Variador de velocidad

PLC

Panel operador

Neumática

Válvulas de membrana

Registrador térmico

Sondas

Eléctricos

Pulsadores, Switches, lámparas

Armario del tablero eléctrico

Motorreductor

2. Conductímetro marca Hach Instruments

Modelo HI 9813

Rango: 0.00-4.00 mS/cm

Resolución: 0.01

Desviación típica: +/- 2 %

Dimensiones: 185 x 82 x 45 mm

Peso: 520 g

3. Balones aforados pirex de 1 L y 2 L

4. Bureta de 25ml

5. Probeta de 50 ml y 250 ml

6. Pipetas aforadas de 1ml, 25 ml

7. Espátulas de acero inoxidable

8. Pissetas de polietileno de 500 ml

9. Beakers tipo pirex de 25, 50, 100 y 250 ml

10. Termómetro

11. Refractómetro

Material de escritorio

Papelería y útiles de oficina

Computadora

Hardware: Impresora, CD, memoria USB

Software: Microsoft Word, Microsoft Excel, Microsoft Visio, Adobe Reader

FACTIBILIDAD TÉCNICA Y FINANCIERA

Costos del proyecto:	
DESCRIPCIÓN	COSTO (EUROS)
ESTRUCTURAS DE SERVICIO	32,000
DINAMIX 12.000 L/H – DISOLUCIÓN EN CONTINUO DE AZÚCAR	135,500
SET TUBERÍAS – MATERIAL ELÉCTRICO – TABLERO ELÉCTRICO	4,000
SET DE SONDAS DE NIVEL TANQUES	4,800
TOTAL	176,300

Figura 5. **Equipo de disolución continua de azúcar**



DATOS TÉCNICOS	
Capacidad	12.000 a 65°Bx 8.500 a 72° Bx
Profundidad “Pr”	4.400 mm
Anchura “La”	5.300 mm
Altura “Ht”	3.300 mm
Masa	2.300 kg
Material	Aisi 304

Fuente: (departamento de proyectos Cervecería). Acceso a información y recursos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

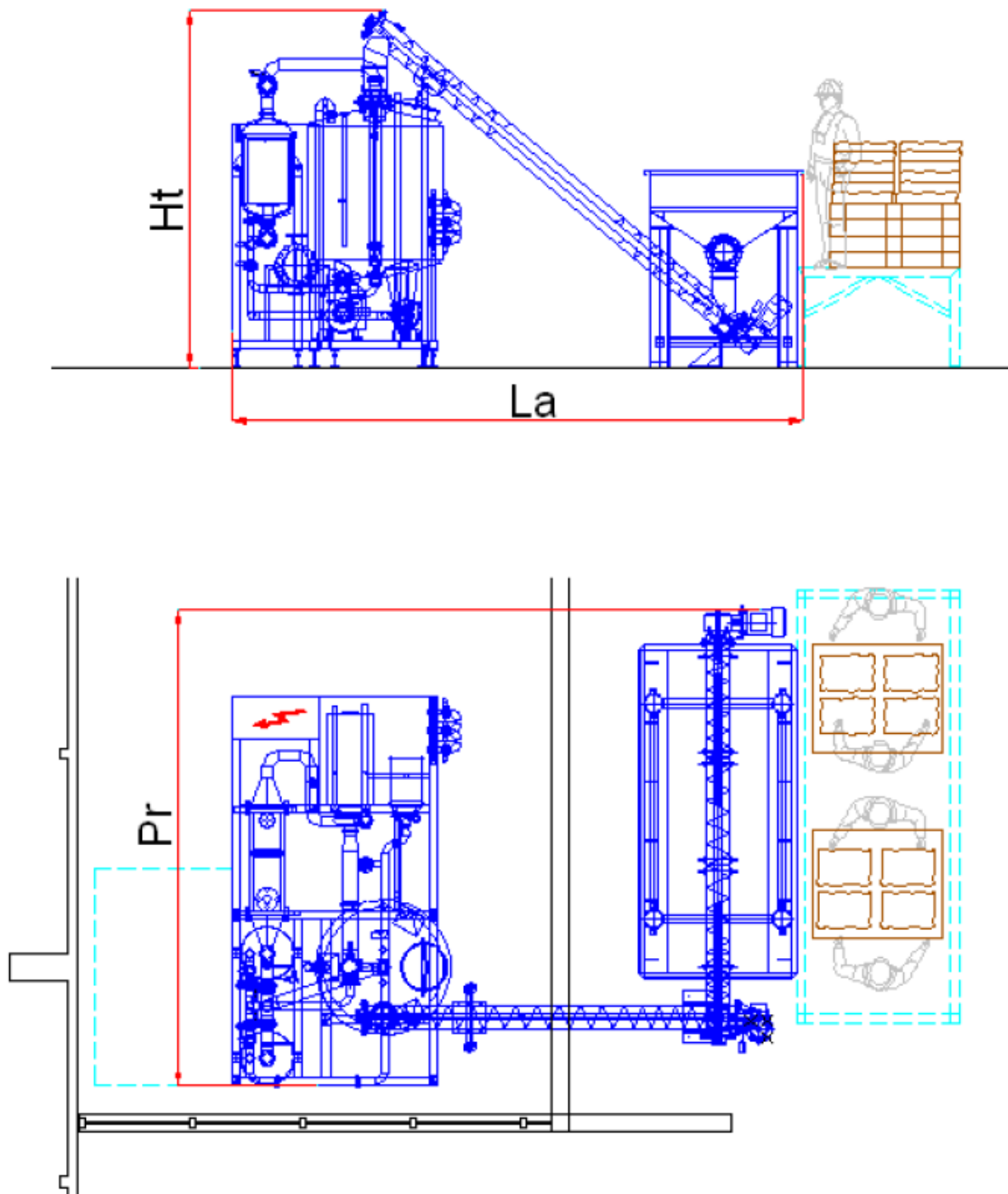
1. Bird, R.B.; Steward, W.E.; Lightfoot, E.N. *Fenómenos de Transporte*, Reverté, Barcelona (1992).
2. Coulson, J.M.; Richardson, J.F. (1979) *Ingeniería Química: Vol. I. Flujo de Fluidos, Transmisión de Calor y Transferencia de Materia*, Reverté, Barcelona, España.
3. Coulson, J.M.; Richardson, J.F. "Ingeniería Química: Vol. II. Operaciones Básicas", Reverté, Barcelona (1988).
4. Coulson, J.M.; Richardson, J.F.; Sinnott, R.K.(1997)*Chemical Engineering: Vol. VI. Chemical Engineering Design*, Butterworth-Heinemann, Oxford.
5. Chang, R. (1998) *Química*. (sexta edición) México: McGraw Hill, 1012pp.
6. Fogler, S. (2001) *Elementos de Ingeniería de las Reacciones Químicas*. (tercera ed.) México: Editorial Prentice Hall.
7. García Delgado, J.L. (2008) *Energía y Regulación en Iberoamérica* Volumen I; primera edición, Editorial Aranzadi, S. A.
8. Henley, E.J.; Rosen, E.M. *Cálculo de balances de materia y energía*, Reverté, México (1993).
9. Laidler, K. & John H. Meiser. *Fisicoquímica*.México: Editorial CECSA, (2002).
10. Lainfiesta López, D.*Diseño, construcción y evaluación de un reactor flujo pistón de forma helicoidal escala laboratorio*.Trabajo de Graduación Ing. Química Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, (2009).
11. Levenspiel, O. *Flujo de fluidos e intercambio de calor*, Reverté, Barcelona (1996).

12. *MANUAL A DUE di SQUERI DONATO &C.SpA*, 2011 Strada Statale Della Cisa, 123 Sitio Web <http://www.adue.it>
13. MEM. (2010). *Informe Balance Energético 2010* . Guatemala : MEM.
14. McCabe, W.L.; Smith, J.C.; Harriott, P. *Operaciones Básicas de Ingeniería Química*, 4ª ed., McGraw-Hill, Madrid (1998).
15. Perry, R.H.; Green, D.W.; Maloney, J.O. "*Manual del ingeniero químico*", 6ª ed. (3ª en español), McGraw-Hill, México (1997).
16. Rakoff, H. y Norman R. *Química Orgánica Fundamental*. 4ª ed. México: Editorial Prentice Hall, (2000). 948pp.
17. Smith J.M. *Ingeniería de la Cinética Química*. México: Editorial CECSA, (1991). 774pp.
18. Smith, J., & Van Ness, H. (1980). *Introducción a la Termodinámica en Ingeniería Química* (tercera ed.). D.F., Mexico : McGraw Hill.
19. Van Ness, H. C., & Abbot, M. ,. (1983). *Termodinámica*. D.F, Mexico : McGraw Hill de Mexico S.A. de CV .
20. Comisión Nacional de Energía Eléctrica (2012). Proyecto de Ley de Eficiencia Energética. CNEE Guatemala
21. Clark, W. (1998) Análisis y gestión energética de edificios. Métodos, proyectos y sistemas de ahorro energético. Edit Mc Graw Hill.
22. Battaner Arias, E. (2012) Biomoléculas. Una introducción estructural a la bioquímica. 1era. edición electrónica. Ediciones Universal Salamanca.
23. ArmfieldCorporation, 9 de abril del 2008. <http://www.armfield.co.uk/images/cet.jpg>. Recuperado en: junio/2015

- 22 Comportamientos de azúcares por temperatura. 06 de abril de 2011 <http://www.perafan.com/ea02azuc.html>. Recuperado en: junio/2015
- 23 Instituto para la Química Orgánica, Universidad de RegensburgAlemania. **Reaktionskinetik Alkalische Hydrolyse Hydrolysevon Ethylacetateine Reaktionzweiter Ordnung.** 29 de marzo de 2008. http://www-oc.chemie.uni-regensburg.de/index_e.html. Recuperado en: junio/2015

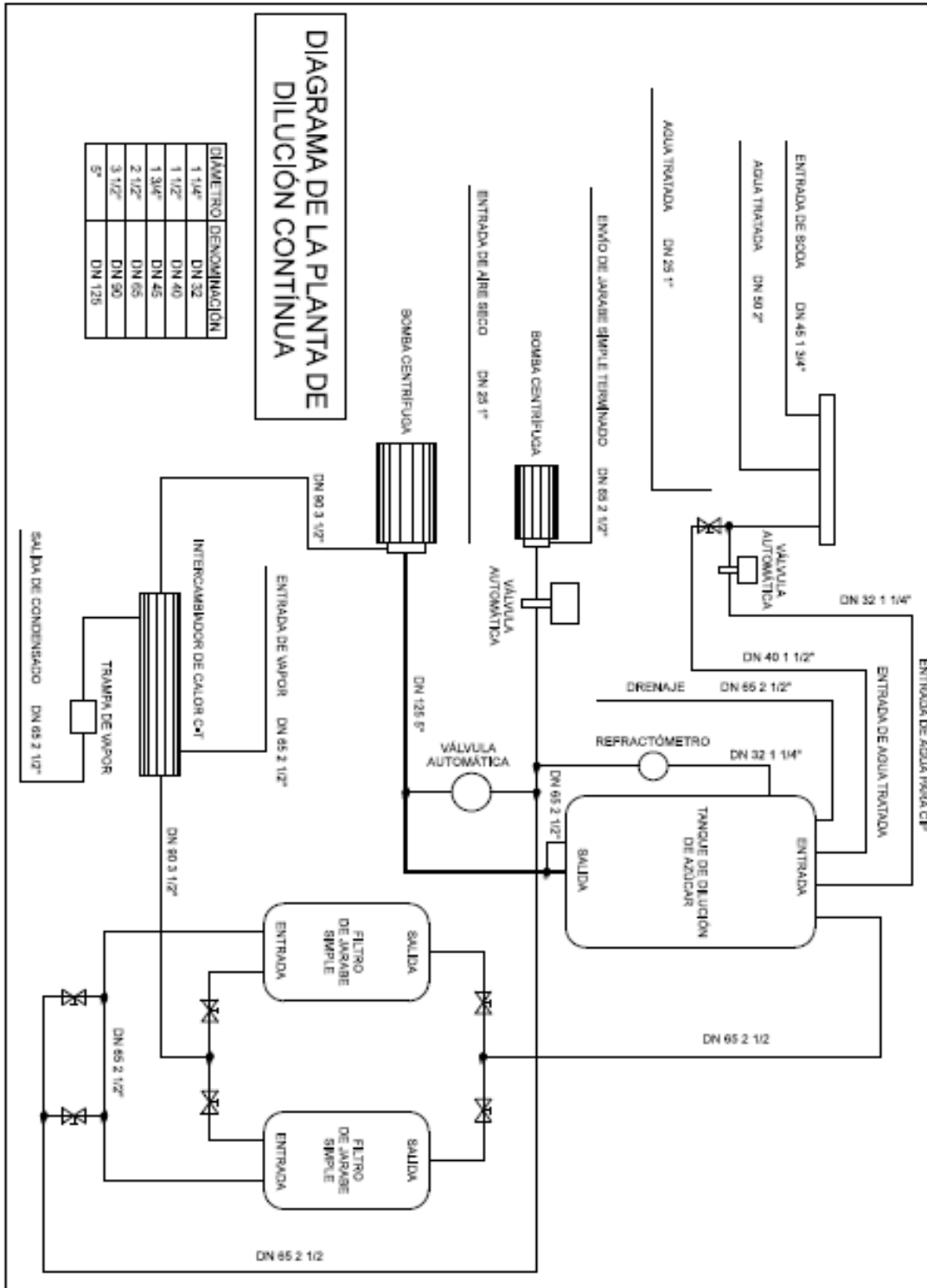
APÉNDICE

Figura 6. Vistas de equipo de disolución de azúcar en continuo



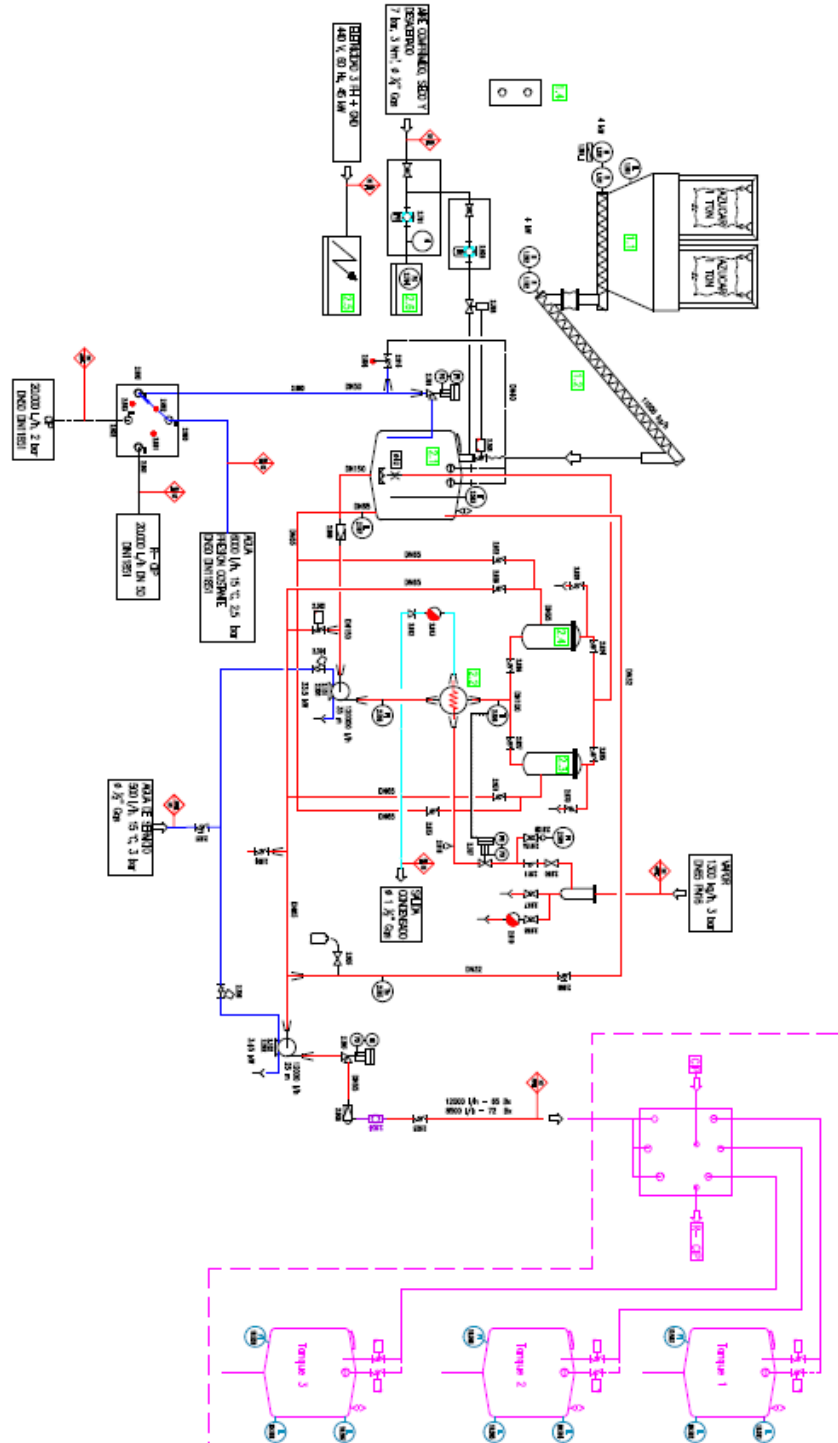
Fuente: "A DUE di SQUERI DONATO, 2012, pág. 12".

Figura 7. Diagrama de flujo de planta disolución en continuo



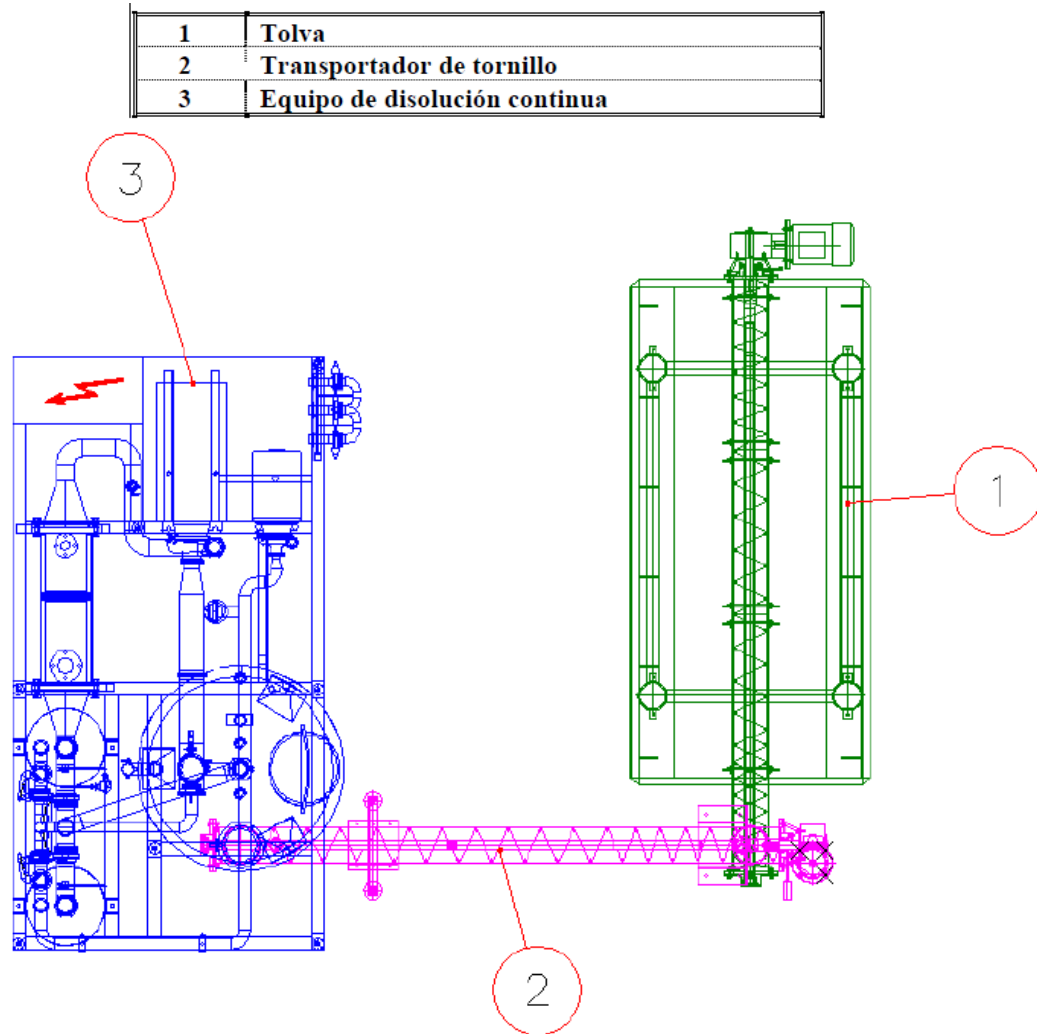
Fuente: Departamento de producción.

Figura 8. **Proceso disolución continua de azúcar**



Fuente: "A DUE di SQUERI DONATO, 2012, pág. 20".

Figura 9. Seccionamiento de equipo de disolución de azúcar en continuo.



Fuente: "A DUE di SQUERI DONATO, 2012, pág. 18".

Características del agua

Agua potable (agua de red)

El agua potable tendría que ser usada también como agua de lavado y agua de enjuague del producto. La calidad debería satisfacer las líneas directivas WHO (indicadas más abajo) o la directiva del agua potable CE.

Sabor	ninguno
Olor	ninguno
Turbidez máx.	3 NTU
Color máx.	20 mg/l Pt
Demanda de oxígeno máx.	20 mg/l K ₂ Cr ₂ O ₇
Total sólidos disueltos máx.	500 mg/l
pH (M,S)	7-8.5
Dureza total (M,S)	4-7 dH
Amonio trazas	
Amoniacó máx.	0.5 mg/l NH ₄
Hierro máx.	0.1 mg/l Fe
Manganeso máx.	0.05 mg/l Mn
Nitrato máx.	30 mg/l NO ₃
Nitrito máx.	0.02 mg/l NO ₂
Sulfato máx.	100 mg/l SO ₄
Cloro (M, S) máx.	0.2 mg/l Cl ₂
Cloruro (M, S) máx.	30 mg/l Cl Ácido
Carbónico agresivo máx.	0 mg/l CO ₂
Ácido carbónico (M,S)	
Cantidad total de bacterias máx.	100/ml
Cantidad total de bacterias coliformes a 35°C máx.	1/100 ml
Cantidad total de bacterias coliformes a 44°C	0/100 ml
Cobre máx.	0.05 mg/l Cu

Zinc máx.	1.0 mg/l Zn
Presión de proyecto	300 kPa
Temperatura	15 °C

El agua de producto es utilizada para la reconstitución de los concentrados de producto.

El agua de producto podría no influir sobre las características esenciales del producto y su demanda mínima tendría que seguir la directiva CE para el agua potable.

La temperatura de referencia es 20°C. Esto significa, por ejemplo:

Conductividad	min 50 y máx. 400 µs/cm
Cloruro máx.	25 mg/l Cl
Sulfato máx.	25 mg/l SO ₄
Calcio máx.	100 mg/l Ca
Sodio máx.	20 mg/l No
Nitrato máx.	25 mg/l NO ₃

El agua de servicio a utilizar como agua de enfriamiento, agua de chiller, agua de torre y agua de alimento de la caldera. Existen varias demandas para todos los tipos diferentes de agua de servicio. Es preciso prestar atención especial sobre todo a la dureza (CaCO₃), al cloro, al cloruro y al pH. El agua de servicio será sin partículas sólidas.

Agua de alimento de la caldera

Dureza máx.	0.1 dH
Aluminio residuo máx.	0.2 mg/l

pH	8.5-9
Ácido de silicio máx.	30 mg/l SiO ₂
Agua de torre	
Presión de proyecto	300 kPa
Agua de enfriamiento	
Presión de proyecto	300 kPa (e)

Características de vapor:

- El vapor tiene que ser de buena calidad y seco.
- La tubería de alimento del vapor tiene que estar dotada de un regulador de presión y descarga de condensado, para mantener una presión constante de alimentación.
- La tubería de vapor debe estar aislada, para evitar pérdidas de calor y para evitar dañar a las personas.

Las características principales son las siguientes:

- Presión: mín. 3 bar – máx. 8 bar
- Calidad: vapor saturado
- Humedad: máx. 5 % de la condensación
- Presión máxima de recuperación de la condensación: 0,5 Bar

Fase 3: Caracterización y datos de referencia para diseño disolutor

Concentración de jarabe neutro	65°BX
Precisión	+/-0,15 °Bx
Caudal nominal máximo	12.000 L/h equivalente
15.800 kg/h	
Agregado de azúcar seco	10.270 kg/h
Agregado H ₂ O	5.530 l/h

Cualidad del azúcar seco cristalino, granulometría	0,1-1 mm
Presión del agua	2 ÷ 2.5 bar
Temperatura agua de alimentación	20÷25 °C aprox.
Temperatura de alimentación azúcar	20÷26 °C aprox.
Temperatura de disolución	80÷85°C aprox.

GLOSARIO

Racor:	Pieza metálica con dos roscas internas en sentido inverso que sirve para unir tubos y otros perfiles cilíndricos. Unión universal de acero inoxidable.
Jarabe simple:	Líquido viscoso, inodoro; es la mezcla de agua tratada y azúcar (sacarosa).
Grados brix:	Dimensional utilizada para expresar la concentración de azúcar (sacarosa).
Agitador:	Aparato o mecanismo utilizado para mezclar o revolver líquidos y permitir homogenizar la mezcla.
Manifold:	Tablero compuesto por distintas conexiones, el cual permite el acceso del fluido a distintas áreas.
Cámara de Disolución:	Parte del equipo compuesto por filtros de acero inoxidable en donde se disuelve el grano de azúcar y se retienen impurezas insolubles.
kW-hr:	Kilo watts por hora consumidos por un demandante de energía.