

---

## Índice de Contenidos

	<b>Página</b>
<b>Glosario</b>	<b>11</b>
<b>Capítulo 1 Introducción</b>	<b>14</b>
<b>1.1 Planteamiento del Problema</b>	<b>15</b>
<b>1.2 Objetivos</b>	
<b>1.2.1 Objetivo General</b>	<b>15</b>
<b>1.2.2 Objetivos Específicos</b>	<b>15</b>
<b>1.3 Alcances</b>	<b>16</b>
<b>1.4 Áreas de Investigación</b>	<b>16</b>
<b>1.5 Área de Estudio</b>	<b>17</b>
<b>1.6 Descripción de la Metodología de Trabajo</b>	<b>17</b>
<b>1.7 Resultados Tangibles Esperados</b>	<b>18</b>
<b>Capítulo 2 Marco Teórico</b>	<b>19</b>
2.1 Evaporación	20
2.2 Evaporador	20
2.3 Tipos de Equipos Evaporadores	20
2.4 Proceso de Evaporación	23
2.5 Balance de Masa	26
2.6 Conceptos de Transferencia de Calor	27
2.7 Balance General de Energía	29
2.8 Descripción y Principios de Operación de Calderas	30
2.9 Operación Unitaria	32
2.10 Condensado	32
2.11 Proceso de Ablandamiento de Agua	33
2.12 Índices Económicos	34
2.13 Análisis de Sensibilidad	37

---

<b>Capítulo 3 Descripción de la Empresa</b>	<b>39</b>
3.1 Reseña Histórica	40
3.2 Productos – Pasta de Tomate	41
3.3 Proceso Productivo de Pasta de Tomate	42
3.4 Aseguramiento de Calidad	46
3.5 Mercados de Venta	46
3.6 Reorganización de la Empresa, final año 2010	48
<b>Capítulo 4 Análisis Sistema Actual</b>	<b>49</b>
4.1 Introducción	50
4.2 Consumo de Vapor	50
4.3 Masa Evaporada	51
4.4 Consumo Energía Eléctrica	55
4.5 Horas de funcionamiento por campaña de producción	57
4.6 Costos mantención de los equipos	58
4.7 Tipos de Productos Derivados de Pasta de Tomate	59
4.8 Calidad del producto	60
<b>Capítulo 5 Régimen de Costo para la Generación de Vapor</b>	<b>63</b>
5.1 Introducción	64
5.2 Balance de Materia Sector de Calderas	64
5.3 Cantidad de Vapor Generado	65
5.4 Costo Generación de Vapor	66
5.4.1 Costo Energía Eléctrica por Caldera	66
5.4.2 Costo Combustible (Fuel Oil #6) – Costo Aditivos	68
5.4.3 Costo Ablandamiento de Agua	69
5.4.3.1 Características del Agua para alimentación de las calderas	70
5.4.3.2 Costo Energía Eléctrica	70
5.4.3.3 Costo Aditivos	71
5.5 Costo Mantenimiento y Mano de Obra externa	72
5.6 Costo Promedio Total en Generación por Tonelada de Vapor	73

---

<b>Capítulo 6 Análisis Comparativo – Situación Actual vs. Con Proyecto</b>	<b>74</b>
<b>6.1</b> Introducción	75
<b>6.2</b> Criterios para la Elección de un Nuevo Equipo	76
<b>6.3</b> Cuadro de Costos	77
<b>6.4</b> Costos de Mantenición	78
<b>6.5</b> Cuadro Comparativo de Ahorros	79
<b>6.6</b> Calidad de Producto	79
<b>6.7</b> Cuadro Ventajas y Desventajas al adquirir un nuevo Equipo Evaporador	80
<b>6.8</b> Evaluación Económica	82
<b>6.8.1</b> Cálculo Índices Económicos ante Diferentes Escenarios	82
<b>6.8.1.1</b> Escenario Conservador	83
<b>6.8.1.2</b> Escenario Optimista	86
<b>6.8.1.3</b> Escenario Pesimista	89
<b>Capítulo 7 Conclusiones</b>	<b>92</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>96</b>
<b>Anexos</b>	<b>100</b>
<b>A 1.</b> Planillas Control de muestras en terreno y desde software	101
<b>A 2.</b> Porcentaje de Evaporación diaria	104
<b>A 3.</b> Tendencia del % de evaporación promedio diario de los Equipos, 2010	105
<b>A 4.</b> Producción Temporada 2010	106
<b>A 5.</b> Planilla control Consumo Combustible y Gener. de Vapor Sector Calderas	108
<b>A 6.</b> Planilla Control Generación Agua Blanda	109
<b>A 7.</b> Cotización Equipos Evaporadores	110
<b>A 8.</b> Datos Históricos Variación Moneda Extranjera (Dólar)	121
<b>A 9.</b> Datos Históricos Variación Moneda Extranjera (Euro)	122

---

## Índice de Tablas

	<b>Página</b>
<b>Capítulo 2</b>	<b>19</b>
Tabla 2.1: Consumo de vapor en función a la cantidad de Efectos	22
<b>Capítulo 3</b>	<b>39</b>
Tabla 3.1: Diversidad de Productos	41
<b>Capítulo 4</b>	<b>49</b>
Tabla 4.1: Año de Fabricación de Equipos. Diario Oficial de la República de Chile	50
Tabla 4.2: Consumo de Vapor por cada Equipo Evaporador	51
Tabla 4.3: Masa Evaporada Nominal por Equipo	52
Tabla 4.4: Porcentaje de Evaporación diaria	53
Tabla 4.5: Porcentaje de evaporación promedio por cada equipo, Línea 10	54
Tabla 4.6: Evaporación real promedio por cada equipo, Línea 10	54
Tabla 4.7: Comparación de la cantidad de Masa Evaporada Real vs. Nominal Línea 10	54
Tabla 4.8: Variables relevantes a controlar en cada equipo evaporador.	55
Tabla 4.9: Equipos eléctricos instalados en cada Evaporador y sus consumos Nominales	56
Tabla 4.10: Resumen horas trabajadas por cada Equipo, Temporada 2010	57
Tabla 4.11: Factor de Marcha, Temporada 2010	58
Tabla 4.12: Resumen Gastos de Mantenimiento, Temporada 2009	58
Tabla 4.13: Producción por Concentraciones, Temporadas 2009-2010	60
Tabla 4.14: Especificaciones Estándar pasta de Tomate	62
Tabla 4.15: Estadísticas de variables de calidad del proceso y el producto por línea periodo 2010	62
<b>Capítulo 5</b>	<b>63</b>
Tabla 5.1: Capacidad Generación de Vapor por Caldera	65
Tabla 5.2: Generación diaria de Vapor en la Planta	65
Tabla 5.3: Potencia Instalada por Caldera	67
Tabla 5.4: Resumen Variables de Producción y Costos por Caldera	67

Tabla 5.5: Propiedades y Características del Combustible Utilizado	68
Tabla 5.6: Características Aditivo Combustible	69
Tabla 5.7: Costos Relacionados al Combustible	69
Tabla 5.8: Características de Ablandadores de Agua Alimentación Caldera	70
Tabla 5.9: Potencia Instalada Condensado y Agua Blanda	71
Tabla 5.10: Potencia Instalada Alimentación Agua para Ablandador	71
Tabla 5.11: Características Aditivos Generación de Agua Blanda	71
Tabla 5.12: Resumen Costos Generación de Vapor por Aditivos	71
Tabla 5.13: Resumen Costos Ablandamiento de Agua	72
Tabla 5.14: Costos Mantenimiento Calderas	72
Tabla 5.15: Costos Generación Vapor Relacionados a Mantenimiento Calderas	72
Tabla 5.16: Resumen Costos Generación de Vapor	73
<b>Capítulo 6</b>	<b>74</b>
Tabla 6.1: Requerimientos para realizar la cotización	76
Tabla 6.2: Comparación de los diferentes escenarios	77
Tabla 6.3: Comparación de Costos por cada equipo	77
Tabla 6.4: Gastos de Mantención y Estimaciones	78
Tabla 6.5: Gastos de Mantención y Estimaciones	78
Tabla 6.6: Resumen Costos Diferentes Escenarios	79
Tabla 6.7: Resumen % Ahorros y Mejoras en los Diferentes Escenarios	79
Tabla 6.8: Temperaturas de Operación Primer Efecto	79
Tabla 6.8: Comparación Costo de masa evaporada en cada equipo	80
Tabla 6.9: Ventajas y Desventajas ante el reemplazo de equipo	80
Tabla 6.10: Flujo de Caja Escenario Conservador Proyecto Venus T1200	84
Tabla 6.11: Flujo de Caja Escenario Conservador Proyecto Venus T1500	85
Tabla 6.12: Flujo de Caja Escenario Optimista Proyecto Venus T1200	87
Tabla 6.13: Flujo de Caja Escenario Optimista Proyecto Venus T1500	88
Tabla 6.14: Flujo de Caja Escenario Pesimista Proyecto Venus T1200	90
Tabla 6.15: Flujo de Caja Escenario Pesimista Proyecto Venus T1500	91

---

## Índice de Figuras

	<b>Página</b>
<b>Capítulo 2</b>	<b>19</b>
Figura 2.1: Áreas funcionales de un Evaporador de Efecto	21
Figura 2.2: Evaporador de 2 Efectos	22
Figura 2.3: Diagrama de Flujo Evaporador de 3 Efectos	22
Figura 2.4: Presión de Vapor/Temperatura, curva para el agua	25
Figura 2.5: Diagrama de Flujo Evaporador de Efecto Simple	26
Figura 2.6: Transferencia de calor en tubo de evaporación	27
Figura 2.7: Balance de Energía	29
Figura 2.8: Áreas funcionales de una Caldera	30
Figura 2.9: Corte Transversal de una Caldera	31
Figura 2.10: Diagrama Clasificación de Calderas	31
Figura 2.11: Diagrama esquemático del condensador barométrico	32
Figura 2.12: Intercambiador de Iones	33
Figura 2.13: Equipo Ablandador de Agua Automático	34
<b>Capítulo 3</b>	<b>39</b>
Figura 3.1: Ubicación de las 3 Plantas de Producción	40
Figura 3.2: Producción de Pasta de Tomate	42
Figura 3.3: Proceso de Producción Pasta de Tomate	45
Figura 3.4: Mercado de Exportación de sus productos	47
Figura 3.5: Mercado de Exportación de Pasta de Tomate	47
<b>Capítulo 4</b>	<b>49</b>
Figura 4.1: Consumo Vapor sectorizado por procesos	51
Figura 4.2: Tendencia del % de evaporación promedio diario del Equipo MV-350, Periodo 2010	53
Fig.4.3 Energía Mensual Consumida durante el periodo 2008-2009	55
Figura 4.4. Consumo Eléctrico por procesos en Planta Talca, Año 2010	56
Figura 4.5: Resumen Gastos de Mantenimiento Línea 10, Temporada 2009	59

Figura 4.6: Dimensiones del Color	61
<b>Capítulo 5</b>	<b>63</b>
Figura 5.1: Diagrama de Flujo Sector Calderas	64
Figura 5.2: Requerimientos para la Generación de Vapor	66
<b>Capítulo 6</b>	<b>74</b>
Figura 6.1: Diferentes Escenarios proyectados	75
<b>Capítulo 7</b>	<b>92</b>
Figura 8.1: Ahorros por Mantenimiento, debido al cambio de equipo.	94

---

## Glosario

***°Brix:***

Miden la cantidad de sólidos solubles presentes en un jugo o pulpa, expresados en porcentaje de sacarosa. Los sólidos solubles están compuestos por los azúcares, ácidos, sales y demás compuestos solubles en agua presentes en los jugos de las células de la fruta. Se determina empleando un refractómetro calibrado a 20 °C. Si la pulpa o jugo se hallan a diferente temperatura, se podrá realizar un ajuste en °Brix, según la temperatura a la que se realice la lectura. [ref.1]

***Cold Break:***

El tomate fresco se corta o tritura a temperaturas que van desde 65 a 75 ° C. Este producto se requiere usualmente a 36-38 °Brix. [ref.2]

***Hot Break:***

El tomate fresco es cortado o triturado cuando se calienta a temperaturas que oscilan entre 85 a 100 ° C. Este producto se utiliza usualmente en productos tales como salsas y ketchup los que requieren entre 28-30 °Brix. [ref.2]

***Enzimas Pécnicas:***

Encargadas de la degradación de las pectinas, obteniendo concentrados de menor consistencia (Cold break). Si tratamos el tomate con temperaturas elevadas se inactivan las enzimas pécticas, consiguiendo concentrados de tomates de alta consistencia, Hot break. [ref.3]

***pH (-log[H<sup>+</sup>]):***

Es una medida de la acidez de una solución, la que depende de la concentración molar de protones H<sup>+</sup>. El pH es un factor de control para muchas reacciones químicas y microbiológicas, relacionándose con la seguridad alimentaria del producto industrializado para el consumo humano. Éste deberá ser inferior a 4,5. De no cumplirse con esta especificación, se arriesga el crecimiento de microorganismos patógenos. [ref.4]

---

[1] Dirección Nacional de Servicios Académicos Virtuales, Procesamiento y Conservación de Frutas, (n.d), <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/agronomia/2006228/teoria/obpulpfru/p7.htm>

[2] Tomato Processing Line, FENCO Food Machinery, (n.d) <http://www.fenco.it/eng/tomato-paste-processing.asp>

[3] Sección de Microbiología, (n.d.), [www.vicobos.es.vg](http://www.vicobos.es.vg)

[4] Dirección de Investigación e Innovación, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, (n.d.), [http://ucv.altavoz.net/prontus\\_unidacad/site/artic/20061214/asocfile/20061214122207/kofaitie\\_soledad.pdf](http://ucv.altavoz.net/prontus_unidacad/site/artic/20061214/asocfile/20061214122207/kofaitie_soledad.pdf)

**Viscosidad:**

Resistencia de un líquido a fluir. Esta resistencia es provocada por las fuerzas de atracción entre las moléculas del líquido. La fuerza con la que una capa de fluido en movimiento arrastra consigo a las capas adyacentes de fluido determina su viscosidad (donde las fuerzas tangenciales entran en acción), que se mide con un recipiente (viscosímetro) que tiene un orificio de tamaño conocido en el fondo. La velocidad con la que el fluido sale por el orificio es una medida de su viscosidad. [ref.5]

**Consistencia:**

Resistencia a la deformación que presenta una sustancia semisólida. También es posible asumirlo como equivalente a la concentración de un sólido disuelto en un líquido (solvente).

El método Bostwick consiste en la medición de la distancia en que un material fluye bajo su propio peso a lo largo de una superficie plana en una determinada cantidad de tiempo, generalmente en condiciones de: 12,5 °Brix durante 30 segundos. El instrumento para llevar a cabo este control se denomina consistómetro y está compuesto de un canal de acero inoxidable con un depósito en un extremo que es cerrado por una puerta que se puede abrir de forma casi instantánea, donde se dispone la muestra. [ref.6]

**Calandria:**

Cuerpo del evaporador compuesto por muchos tubos en su interior, los cuales permiten aumentar el área de contacto entre la sustancia a evaporar y el vapor vivo o los vahos que transferirán su calor. [ref.7]

**Vapor Vivo:**

Vapor generado bajo presión en calderas, utilizando como materia prima el agua blanda (a la que se le ha retirado las durezas de MgO y CaO). [ref.8]

**Vahos:**

Vapor procedente de la materia prima del proceso de evaporación, como en este caso del jugo de tomate, al elevar su temperatura.

---

[5] Copyright © 2008 - Definición.de, [www.definicion.de](http://www.definicion.de)

[6] Gidley, Michael, John; Gothard, Michelle, Gina, Elizabeth y Whiteman, Sally-Anne, Procedimiento para preparar un producto a base de tomate con pectina metilesterasa e hidrocoloide añadido, 2004, [http://www.espatentes.com/pdf/2213917\\_t3.pdf](http://www.espatentes.com/pdf/2213917_t3.pdf)

[7] GEA Wiegand, Tecnología de Evaporación, (n.d.), [http://www.geape.es/gpees/cmsresources.nsf/filenames/Evaporacion%20Wiegand.pdf/\\$file/Evaporacion%20Wiegand.pdf](http://www.geape.es/gpees/cmsresources.nsf/filenames/Evaporacion%20Wiegand.pdf/$file/Evaporacion%20Wiegand.pdf)

[8] WorldLingo Translations LLC, 2010, [http://www.worldlingo.com/ma/enwiki/es/Live\\_steam](http://www.worldlingo.com/ma/enwiki/es/Live_steam)

**Vapor Saturado:**

Vapor a la temperatura de ebullición del líquido. Puede ser húmedo, si este vapor contiene partículas de agua en fase líquida, o seco si es que está totalmente libre de partículas de agua en fase líquida.

**Calor Latente:**

Es la cantidad de energía que hay que entregarle a una determinada sustancia para que esta cambie de estado (sólido, líquido o vapor). En el caso del paso de sólido a líquido, se denomina “calor de fusión”, y en el caso del paso de líquido a gaseoso, se denomina “calor de vaporización”. [ref.9]

**Agua Blanda:**

Agua con baja concentración de sales minerales como las de  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$ . [ref.10]

**Factor de Marcha:**

Es la relación entre el tiempo real de trabajo y la duración total del ciclo de trabajo (tiempo total disponible).

**Blotter Test:**

Se utiliza para controlar la textura del tomate como criterio de calidad. Consiste en una técnica rápida, cómoda y sencilla. Debido a que la calidad de un tomate está directamente relacionada con la consistencia del mismo, se lleva a cabo este test también llamado, prueba secante. Mediante la cual se deja en reposo una porción de pasta de tomate sobre un papel secante (o filtro de papel), durante un tiempo determinado, generalmente de 3 min (Gould, 1992) [ref.11]. Si el producto penetra en el papel, dejando un amplio anillo de líquido incoloro en todo el centro, la consistencia del producto es baja. Si, por otra parte, el producto de tomate no penetra fácilmente en el filtro y sólo hay un estrecho anillo líquido incoloro, el producto es de alta consistencia.

**F.H.E:**

Fuera del horizonte de evaluación.

---

[9] <http://www.mundorespuestas.co.cc/2010/05/que-es-el-calor-latente.html>

[10] Ablandadores de Agua Automáticos, <http://www.ablandadores-agua.com.ar/>

[11] GOULD, W. 1992. *Tomato production, processing and Technology*. Baltimore, CTI Publications Inc. 535 p