ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA

DISEÑO DE UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ENCAPSULADOS DE CAROTENOIDES A PARTIR DE PULPA DE MANGO (*Mangifera Indica L*), Y DE PULPA DE MELÓN (*Cucumis Melo*), MEDIANTE DESHIDRATACIÓN POR ASPERSIÓN

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PABLO HERNÁN ROSERO BASTIDAS

DIRECTOR: ING. JENNY RUALES Ph.D.

Quito, Abril del 2019

© Escuela Politécnica Nacional 2018
Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo, Pablo Hernán Rosero Bastidas, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente

Pablo Hernán Rosero Bastidas

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Pablo Hernán Rosero Bastidas bajo mi supervisión.

Ing. Jenny Ruales Ph.D.
DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a…

DEDICATORIA

Dedico a…

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PÁGINA

1. JUSTIFICACIÓN 1

1.1. Justificación del proyecto 1

1.2. Mercado del producto 9

1.2.1 Mercado oferente (oferta). 9

1.2.2 Mercado demandante (demanda) 10

1.3.Capacidad de la planta 10

2. LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA 12

2.1. Macro-localización 13

2.2. Micro-localización 14

3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO 19

3.1. Unidad 1: preparación de fruta y despulpado 19

3.2. Unidad 2: micro-encapsulación mediante secado por aspersión 20

3.3. Definición del producto 22

3.4. Definición de materia prima 23

3.5. Proveedores 24

4. CRITERIOS DE DISEÑO 24

5. DISEÑO DE PLANTA 29

5.1. Diagramas de bloques BFD y de flujo PFD 30

5.1.1. Diagrama de bloques BFD (Mango) 30

5.1.2. Diagrama de bloques BFD (Melón) 31

5.1.3. Diagrama de flujo PFD 32

5.2. Balance de masa 34

5.3. Planificación de la producción 35

5.3.1. Horario de actividades a realizar en planta 37

5.3.2. Actividades de los operarios 41

5.4. Simulación del secado por aspersión 43
5.5. Diseño del secador por aspersión 44
5.6. Dimensionamiento y especificaciones de los equipos propuestos 47
5.6.1. Selección de las bandas transportadoras 47
5.6.2. Selección del drencher de limpieza DR-101 48
5.6.3. Selección del pozo de inmersión PZ-101 49
5.6.4. Diseño del cuarto de refrigeración 49
5.6.5. Dimensionamiento del cuarto de maduración 50
5.6.6. Dimensionamiento de la despulpadora DP-101 51
5.6.7. Diseño del filtro de tambor rotatorio FIL-101 52
5.6.8. Dimensionamiento de reactores móviles 53
5.6.9. Diseño del tanque agitado R-101 55
5.6.10. Dimensionamiento de tanque de almacenamiento TK-101 57
5.6.11. Selección de accesorios y tuberías 57
5.6.12. Dimensionamiento de las bombas peristálticas 58
5.7. Balance de energía 59
5.8. Disposición en planta (Layout) 59
5.8.1. Agrupación por zonas y análisis de proximidad 60
5.8.2. Distribución en planta 63
5.8.3. Diseño higiénico 65
5.8.4. Diagrama de tuberías e instrumentación (P&ID) 65

6. ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD ECONÓMICA 71
6.1. Estimación de costos 71
6.1.1. Costos de equipos 71
6.1.2. Costos directos y costos indirectos 72
6.1.3. Inversión inicial 73
6.2. Análisis financiero 73
6.2.1. Ingresos esperados por ventas 73
6.2.2. Costos totales anuales sin depreciación 74
6.2.3. Financiamiento 75
6.3. Flujo de caja 75
6.4. Parámetros financieros del proyecto 75

6.5. Punto de equilibrio 79

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 80

Conclusiones 80

Recomendaciones 81

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 82

ANEXOS 90

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1.1 Consumo habitual e inadecuación en el consumo de vitamina A en la población ecuatoriana 2

Tabla 1.2 Total de Importaciones de vitamina A y sus derivados en toneladas métricas y miles de dólares para los años 2015, 2016 y 2017 3

Tabla 1.3. Propiedades fisicoquímicas del jugo de melón (Cucumis melo) variedad Catauloupe 4

Tabla 1.4 Total de exportaciones de melón ecuatoriano por país de destino en toneladas métricas y miles de dólares para el año 2013 5

Tabla 1.5 Total de exportaciones de mango ecuatoriano por país de destino en toneladas métricas y miles de dólares para los años 2016 y 2017 6

Tabla 2.1. Ponderación para seleccionar la micro-localización de la planta. 16

Tabla 3.1 Composición de los micro-encapsulados de mango 22

Tabla 3.2 Composición de los micro-encapsulados de melón 23

Tabla 5.1 Resumen de los balances de masa del proceso de producción de beta-carotenos 34

Tabla 5.2 Actividades a realizarse en la planta y su duración 36

Tabla 5.3 Horario de actividades a realizar en la planta para los meses de Abril a Septiembre, procesamiento de mango. 37

Tabla 5.4 Horario de actividades a realizar en la planta para los meses de Octubre a Marzo, procesamiento de melón. 38

Tabla 5.5 Horario de actividades de cada operario para la producción de encapsulados de beta-carotenos de mango durante los meses de Octubre a Marzo. 41

Tabla 5.5 Horario de actividades de cada operario para la producción de encapsulados de beta-carotenos de mango durante los meses de Octubre a Marzo (continuación) 42

Tabla 5.6 Horario de actividades de cada operario para la producción de encapsulados de beta-carotenos de melón durante los meses de Abril a Septiembre 42

Tabla 5.6 Horario de actividades de cada operario para la producción de encapsulados de beta-carotenos de melón durante los meses de Abril a Septiembre (continuación) 43

Tabla 5.7. Resultados de la simulación del secado por aspersión 44

Tabla 5.8. Dimensiones del Secador por Aspersión 45

Tabla 5.9. Dimensiones del filtro ciclón 46

Tabla 5.10. Lista de operaciones, equipos principales y secundarios del proceso 47

Tabla 5.11 Dimensiones de las bandas transportadoras. 48

Tabla 5.12 Dimensiones del Drencher de Limpieza DR-101 48

Tabla 5.13 Dimensiones del pozo de inmersión PZ-101 49

Tabla 5.14 Dimensiones del cuarto de refrigeración 50

Tabla 5.15 Dimensiones del cuarto de maduración 51

Tabla 5.16 Dimensiones de la Despulpadora DP-101 52

Tabla 5.17 Dimensiones del Filtro Tambor Rotatorio F-101 53

Tabla 5.18 Dimensiones de los reactores móviles RP-101 y RP-102 55

Tabla 5.20 Dimensiones del Tanque de Almacenamiento TK-101 57

Tabla 5.21 Accesorios considerados para los procesos 58

Tabla 5.22 Dimensiones de las bombas peristálticas 58

Tabla 5.23 Balance de energía y consumo de servicios industriales anuales 59

Tabla 5.24 Superficies requeridas por cada área de la planta 64

Tabla 5.25 Diseño higiénico de la zona de producción 69

Tabla 6.1 Costos estimados de equipos sin instalación 71

Tabla 6.1 Costos estimados de equipos sin instalación (continuación) 72

Tabla 6.2 Costos directos 72

Tabla 6.3 Costos indirectos 73

Tabla 6.4 Totalización de la inversión 73

Tabla 6.5. Ingresos Totales Anuales Esperados por Venta 74

Tabla 6.6 Costos totales anuales de producción sin depreciación 74

Tabla 6.7 Financiamiento del Proyecto 75

Tabla 6.8 Parámetros financieros del proyecto 76

Tabla 6.9 Flujo de caja anual 77

Tabla AI.1. Ritmo respiratorio de algunas frutas tropicales 90

Tabla AI.2. Clasificación de algunas frutas por su producción de etileno 92

Tabla AI.3 Contenido de sólidos solubles para el grado de madurez del melón 94

Tabla AII.1. Datos de proceso de despulpado obtenidos experimentalmente 100

Tabla AIII.1 Correlaciones para el cálculo de calor específico en función de la temperatura 124

Tabla AIII.2 Flujos de aire seco, aire húmedo y temperatura de salida para cada uno de los casos de estudio: mango y melón 127

Tabla AV.1. Relaciones para curvas de potencia en agitación de moderada viscosidad en tanques con placas deflectoras. 152

Tabla AV.2. Dimensiones para un sistema de agitación 153

Tabla AV.3. Dimensiones del sistema de agitación para los reactores móviles 156

Tabla AV.4. Accesorios considerados para los procesos 157

Tabla AV.5. Dimensiones de las bombas peristálticas 167

Tabla AV.6. Constantes de resistencia de accesorios 167

Tabla AV.7. Estimación inicial del volumen de refrigeración en función de la carga a refrigerar 168

Tabla AV.8. Cambios de aire promedio en 24 horas para cuarto frios debido a apertura de puertas. 169

Tabla AV.9. Calor removido del aire de enfriamiento para cuartos frios (BTU/pie3) 169

Tabla AV.10. Variables de diseño del calentador de aire (240 voltios, trifásico) 174

Tabla AV.11. Capacidad calorífica del aire 174

Tabla AV.12. Criterios de selección de tiempos de residencia 175

Tabla AV.13. Variables para el diseño de la cámara de secado 176

Tabla AV.14. Relación diámetro altura en cilindros de 20 m3 177

Tabla AV.15. Relación entre el tamaño de partícula, flujo de líquido a secar y diámetro del cilindro 177

Tabla AV.16. Especificaciones recomendadas para escoger boquilla en secador 179

Tabla AV.17. Relaciones dimensionales para un ciclón de alta eficiencia 180

Tabla AV.18. Dimensiones del ciclón 182

Tabla AVI. 1 Espacio requerido por cada equipo 183

Tabla AVII.1 Costos de referencia de equipos para estimación de costo de equipos 189

Tabla AVII.2 Costos estimados de equipos sin instalación 191

Tabla AVII.3 Costos directos 192

Tabla AVII.4 Costos indirectos 193

Tabla AVII.5 Totalización de costos 193

Tabla AVII.6 Ingresos Totales Anuales Esperados por Venta 194

Tabla AVII.7 Costos Anuales de materia prima 194

Tabla AVII.8 Costos Anuales de personal 195

Tabla AVII.9 Consumo anual de servicios industriales 196

Tabla AVII.10 Costo anual de servicios industriales 197

Tabla AVII.11 Costos totales anuales de producción sin depreciación 197

Tabla AVII.12 Parámetros financieros del proyecto 198

Tabla AVII.13 Estimación de costos unidades refrigeradoras 206

Tabla AVII.14 Tasas Arancelarias de importación Ecuador 207

Tabla AVII.15 Totalización de factores 207

Tabla AVII.16 Parámetros del financiamiento 207

Tabla AVII.17 Amortización del financiamiento 208

Tabla AVIII.1 Hoja de especificaciones Secador por Aspersión 209

Tabla AVIII.2 Hoja de especificaciones filtro ciclón. 210

Tabla AVIII.3 Hoja de especificaciones banda transportadora 211

Tabla AVIII.4 Hoja de especificaciones Drencher de Limpieza 212

Tabla AVIII.5 Hoja de especificaciones Drencher de Limpieza 213

Tabla AVIII.6 Hoja de especificaciones Despulpadora 214

Tabla AVIII.7 Hoja de especificaciones Filtro Tambor Rotatorio F-101 215

Tabla AVIII.8 Hoja de especificaciones Tanque de Almacenamiento de Pulpa 216

Tabla AVIII.9 Hoja de especificaciones reactores móviles 217

Tabla AVIII.10 Hoja de especificaciones tanque agitado 218

Tabla AVIII.11 Hoja de especificaciones bombas peristálticas 219

Tabla AVIII.12 Hoja de especificaciones cuarto de Refrigeración 220

Tabla AVIII.13 Hoja de especificaciones cuarto de Maduración 221

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Contenido de carotenoides y beta-carotenos en 4 variedades de mango 5

Figura 2.1 Provincia del Guayas, Ecuador 18

Figura 2.2 Localización de la planta de encapsulados de beta-carotenos 18

Figura 5.1 Diagrama de bloques de la planta para procesamiento de mango, durante los meses de Octubre a Marzo 30

Figura 5.2 Diagrama de bloques de la planta para procesamiento de melón, durante los meses de Abril a Septiembre. 31

Figura 5.3. Diagrama de Flujo del proceso PFD 33

Figura 5.4 Diagrama de Gantt de las actividades propuestas para la producción de encapsulados de beta-carotenos de mango para los meses de Octubre a Marzo 39

Figura 5.5 Diagrama de Gantt de las actividades propuestas para la producción de encapsulados de beta-carotenos de melón para los meses de Octubre a Marzo. 40

Figura 5.6. Dimensiones del filtro ciclón 46

Figura 5.7. Dimensiones para tanques pequeños. 54

Figura 5.8. Dimensiones para un sistema de agitación 56

Figura 5.9. Diagrama de flujo agrupado por zonas 60

Figura 5.10 Diagrama de proximidad entre zonas y servicios auxiliares 62

Figura 5.11. Plano de distribución de Áreas (Layout) 66

Figura 5.12. Plano de Instrumentación y tuberías (P&ID) 67

Figura 5.12. Plano de Instrumentación y tuberías (P&ID) continuacion 68

Figura 6.1 Punto de equilibrio del proyecto. 79

Figura AI.1. Patrón respiratorio y producción de etileno en frutas 93

Figura AI.2 Escala de coloración para el grado de madurez del mango 94

Figura AII.1. Pesaje de melón para despulpado 96

Figura AII.2. Pesaje de mango para despulpado 96

Figura AII.3. Inmersión de mango en solución desinfectante. 97

Figura AII.4. Inmersión de melón en solución desinfectante. 97

Figura AII.5. Clasificación de mango en canastas plásticas. 98

Figura AII.6. Clasificación de melón en canastas plásticas. 98

Figura AII.7. Monitoreo pos-cosecha del mango. 99

Figura AII.8. Monitoreo pos-cosecha del melón. 99

Figura AII.9. Pesaje del melón desinfectado. 100

Figura AII.10. Pesaje del mango desinfectado. 100

Figura AII.11. Separación de semilla y cáscara de melón. 101

Figura AII.12. Separación de semilla y cáscara de mango. 101

Figura AII.13. Obtención de pulpa de fruta. 102

Figura AII.14. Filtrado de la pulpa de fruta. 102

Figura AII.16. Obtención de pulpa de fruta Filtrada de mango 103

Figura AII.15. Obtención de pulpa de fruta Filtrada de melón 103

Figura AIII.1 Diagrama de la Sección de Secado 105

Figura AIII.2 Diagrama de la Sección de Acondicionamiento 106

Figura AIII.3 Diagrama de la Sección de Filtración 108

Figura AIII.4 Diagrama de la Sección de Tratamiento Enzimático 109

Figura AIII.6 Diagrama de la Sección de Clasificación 111

Figura AIII.7 Diagrama de la Sección de Desinfección 112

Figura AIII.8 Diagrama de la Sección de Desinfección 113

Figura AIII.9 Diagrama de la Sección de Secado 115

Figura AIII.10 Diagrama de la Sección de Acondicionamiento 116

Figura AIII.11 Diagrama de la Sección de Filtración 117

Figura AIII.12 Diagrama de la Sección de Despulpadora 119

Figura AIII.13 Diagrama de la Sección de Pelado de Melón 120

Figura AIII.14 Diagrama de la Sección de Clasificación de Melón 121

Figura AIII.15 Diagrama de la Sección de Desinfección 122

Figura AIII.16 Diagrama de la Sección de Limpieza 123

Figura AIII.17 Diagrama de la Sección de Secado 125

Figura AIII.18. Gráfico psicrométrica a presión atmosférica 126

Figura AIII.19 Algoritmo de cálculo de la Sección de Secado 130

Figura AIV.1 Montaje Simulación bajo el enfoque de Super Pro Designer 132

Figura AV.1 Geometría del Pozo de inmersión 137

Figura AV.2. Dimensiones de referencia de la tolva de despulpadora de frutas 140

Figura AV.3. Diseño y dimensiones de las cuchillas de corte de la despulpadora 141

Figura AV.4 Curvas de potencia para agitación de moderada viscosidad en tanques con placas deflectoras 155

Figura AV.5 Dimensiones estándar para un sistema de agitación 157

Figura AVII.1 Herramienta de cálculo Peters y Timmerhaus 201

Figura AVII.2 Cotización Secador por aspersión 202

Figura AVII.3 Cotización Bombas 203

Figura AVII.4 Cotización empaquetadora de polvos 204

Figura AVII.5 Costo de referencia báscula 205

Figura AVII.6 Costo de referencia banda transportadora 205

Figura AVII.7 Costo de referencia Drencher de Limpieza 205

Figura AVII.8 Costo de referencia Despulpadora 206

Figura AVII.9 Costo de referencia Filtro de Tambor Rotatorio 206

Figura AVII.10 Costo de referencia Tanque Vertical Almacenamiento en Acero Inoxidable 206

Figura AVII.11 Costo de referencia Tanque acero inoxidable con agitación 207

Figura AVII.12 Precio de referencia pulpa pulverizada de Melón 207

Figura AVII.13 Precio de referencia pulpa pulverizada de Mango 207

Figura AVII.14 Costo de referencia cámara de refrigeración 208

Figura AIX.1 Plano para el Secador por aspersión SP-101 222

Figura AIX.2 Plano para Drencher de limpieza DR-101, y la Despulpadora DP-101 20823

Figura AIX.3 Plano para el Pozo de inmersión PZ-101 y el Filtro de tambor rotatorio FIL-101 208224

RESUMEN

Con el objetivo de encontrar una alternativa de industrialización para la producción de mango y de melón que no se puede exportar del país, y se aproveche la riqueza de estas frutas en cuanto a beta-carotenos, se diseñó una planta para la producción de encapsulados de carotenoides a partir de pulpa de mango (*Mangifera indica l*), y de pulpa de melón (*Cucumis melo*) a partir de la tecnología de secado por aspersión. Se realizó el dimensionamiento de una unidad productiva para la obtención de 75 toneladas anuales de pulpa micro-encapsulada de melón y mango, procesando durante los meses de Abril a Septiembre un total de 317 toneladas de melón y durante los meses de Octubre a Marzo 194 toneladas de mango.

La planta diseñada consta de dos bandas transportadoras para la recepción, selección y transporte de fruta, un drencher de limpieza para lavado de fruta, un pozo de desinfección, una despulpadora de fruta, dos reactores móviles para tratamiento enzimático, un filtro rotatorio para separar las fibras insolubles de la pulpa, un tanque agitado para mezclar el material encapsulaste con la pulpa de la fruta, un tanque de almacenamiento de pulpa y un equipo de secado por aspersión, todos los equipos fueron dimensionados y diseñados en materiales higiénicos de acuerdo a la normativa de sanidad vigente.

Se consideró al secado por aspersión como el proceso principal del diseño, se realizó una simulación de esta operación donde ingresan al secador 128 kg/h de pulpa acondicionada, con una viscosidad de 0,35 Pa.s, a una temperatura de 25 ºC, el aire de entrada al secador ingresa a 180 ºC para obtener 25 kg/h de pulpa micro-encapsulada con una humedad inferior al 3%.

La planta representa un proyecto de inversión factible desde el punto de vista financiero. Se garantiza el pago total del financiamiento en un plazo máximo de 5 años. Se requiere una inversión inicial de 2 900 542,5 USD, para un Valor Actual Neto (VAN) de 1 102 575 USD y una tasa interna de retorno de 15,7%, en un tiempo de repago de 5 años, considerando un 70% de financiamiento externo, con un estudio de pre factibilidad evaluado a 10 años.

1. JUSTIFICACIÓN

1.1.JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Las vitaminas son de vital importancia para mantener un correcto funcionamiento en los sistemas del cuerpo humano, además de ser importantes para la formación de tejido nuevo, células sanguíneas, material genético, hormonas y otras sustancias químicas del organismo. El cuerpo humano solo puede producir de forma natural la vitamina D, las demás vitaminas deben ser ingeridas a través de una dieta equilibrada o a su vez de suplementos alimenticios (Latham, 2002, p. 1).

Una de estas vitaminas importantes para el cuerpo humano es la vitamina A, se la conoce por su nombre químico como retinol, de color amarillo verdoso en su forma cristalina, es una vitamina liposoluble de origen animal. Se ha descrito que la vitamina A es un componente importante de la púrpura visual de la retina, y la falta de ella reduce la capacidad visual produciendo una condición llamada ceguera nocturna (Latham, 2002, p. 2).

Además, el consumo de vitamina A en las dosis recomendadas disminuye el riesgo de diarreas severas y mortalidad infantil, evita el progreso de infecciones producidas por cambios funcionales en respuestas inmunes, reduce el riesgo de padecer anemia, y se ha demostrado que con una ingesta adecuada de vitamina A se logra reducir el riesgo de tener alteraciones del crecimiento celular, además de mantener la integridad de mucosas y piel (McLaren, 2012, p. 30).

En la Tabla 1.1 se observa el consumo nacional de vitamina A, donde se refleja que en el Ecuador un 77% de la población comprendida entre 1 a 59 años de edad no cumple con las recomendaciones de ingesta diaria de vitamina A propuesta por el Instituto de Medicina de los Estados Unidos (ENSANUT, 2014, p. 305).

Tabla 1.1 Consumo habitual e inadecuación en el consumo de vitamina A en la población ecuatoriana

Grupos de edad en años	n	Consumo habitual de vitamina A (RAE)					Inadecuación de vitamina A (%)		
		Media (RAE)	EE	Percentiles			Requerimiento[1] (µg/d)	% no cumple requerimiento	EE*
				P_{25}	P_{50}	P_{75}			
Ambos sexos									
1 a 3	1316	287	3.8	186	269	352	210	33	1.8
4 a 8	2804	325	2.6	226	300	392	275	39	1.4
Hombres									
9 a 13	1462	318	3.1	234	303	388	445	86	1.4
14 a 18	1089	351	4.7	241	323	446	630	96	0.8
19 a 30	1328	378	4.5	257	355	465	625	92	1.1
31 a 50	1745	401	4.4	274	367	500	625	89	1.0
51 a 59	260	345	10.1	235	314	423	625	97	1.3
> 19	3333	384	3.0	259	359	472	625	91	0.7
Mujeres									
9 a 13	1451	374	3.6	281	355	441	420	68	1.9
14 a 18	1218	352	3.9	249	338	427	485	85	1.5
19 a 30	2884	361	3.0	250	332	447	500	84	1.1
31 a 50	4015	377	2.9	252	340	457	500	82	1.0
51 a 59	360	319	7.7	211	292	415	500	91	2.3
> 19	7259	363	2.0	244	331	446	500	84	0.8
Total									
1 a 59	**19932**	**356**	**1.1**					**77**	**0.5**

** No se presenta el error estándar cuando la prevalencia es <3 o >97*
[1]Con base en el Requerimiento Promedio Estimado (Estimated Average Requirement–EAR) de las Referencias de Ingesta Dietética del Instituto de Medicina de Estados Unidos. 1 Equivalente de retinol (RAE)=1 µg

(Encuesta nacional de salud y nutrición, 2014, p. 305)

Se puede observar claramente una necesidad aumentar la ingesta de vitamina A en la población, pero la vitamina A no se encuentra fácilmente en su forma cristalina pura, en las cantidades necesarias, por lo cual se deben ingerir otros alimentos que poseen vitamina A en configuraciones moleculares distintas, y con menor actividad biológica, es el caso de los carotenos. Estas son sustancias amarillas que dan color a algunos vegetales, destacando los beta-carotenos como la mejor fuente de vitamina A (FAO, 2017, p. 61).

Los beta-carotenos son convertidos en vitamina A por los seres humanos en las paredes del intestino, con lo cual se ha descrito que 6 mg de beta-carotenos ingeridos con los alimentos son convertidos en 1 mg de vitamina A (Latham, 2002, p. 1).

En el Ecuador se realizan importaciones de vitamina A y sus derivados, como se puede observar en la Tabla 1.2. En los años 2015, 2016 y 2017 Ecuador importó

anualmente alrededor de 24 toneladas de producto, el destino de estas importaciones es principalmente para utilizar la vitamina A como fortificante en productos alimenticios, siendo los países de Alemania, China y Suiza los principales proveedores de la misma. Con estos datos se puede entender que en el país existe una demanda insatisfecha de vitamina A como sustancia pura (BCE, 2016, p.1).

Tabla 1.2 Total de Importaciones de vitamina A y sus derivados en toneladas métricas y miles de dólares para los años 2015, 2016 y 2017

		2015			2016			2017		
Subpartida	País Origen	TM (Peso Neto)	FOB	CIF	TM (Peso Neto)	FOB	CIF	TM (Peso Neto)	FOB	CIF
		25,2	**877,5**	**897,7**	**24,1**	**898,2**	**918,9**	**24,0**	**1.147,6**	**1.177,0**
Vitaminas A y sus derivados	SUIZA	1,3	60,6	60,9	1,7	68,5	71,1	3,8	157,7	160,0
Vitaminas A y sus derivados	CHINA	7,8	188,0	196,2	6,4	236,7	241,1	4,0	176,9	183,7
Vitaminas A y sus derivados	COLOMBIA	0,1	4,0	4,1	0,3	14,5	15,0	0,8	17,3	18,1
Vitaminas A y sus derivados	ALEMANIA	9,2	402,5	407,1	9,6	324,3	330,6	7,8	456,8	466,9
Vitaminas A y sus derivados	FRANCIA	2,3	84,9	86,3	3,3	127,4	128,8	3,0	106,3	108,2
Vitaminas A y sus derivados	ESTADOS UNIDOS	3,9	98,9	102,0	1,8	59,2	61,0	1,5	49,7	52,3

(Banco Central del Ecuador, 2018, p.1)

Las principales fuentes de retinol o vitamina A son los huevos, la carne, el hígado, el pescado, los mariscos, la mantequilla entre otros alimentos de origen animal pero se conoce que en los países en desarrollo la ingesta de retinol es escasa y se la sustituye consumiendo productos vegetales más accesibles, ricos en beta-carotenos, como lo son las frutas y verduras pigmentadas, como el tomate, las

calabazas, las zanahorias, y frutas como el mango, el melón, las sandias, las papayas, entre otras (Latham, 2002, p. 2).

Por otro lado, se conoce que el Ecuador es un país productor y exportador de frutas que poseen valores nutricionales importantes, este es el caso del mango y del melón. Se considera al melón como la fruta con mayor contenido de beta-carotenos, pues su color anaranjado es proporcionado por su contenido de cerca de 200 ug de beta-carotenos/g base seca, estos valores se pueden observar en la Tabla 1.3 (Solval, 2012, p. 2).

Tabla 1.3. Propiedades fisicoquímicas del jugo de melón (*Cucumis melo*) variedad Catauloupe

Propiedades	Valor
Humedad (g/100g)	91,6 +/- 0,01
Actividad de agua (aw)	0,95 +/- 0,01
Vitamina C (mg/100g base seca)	151,2 +/- 4,75
Beta-Carotenos (mg/100g base seca)	195,76 +/- 26,91
Sólidos solubles (ºBrix)	10,57 +/- 0,06

(Solval, 2012, p. 2).

El mango de la variedad Tommy Atkins se considera una fruta con fuente excelente de vitamina A, por su alto contenido de carotenoides cercano a 2 500 ug por cada 100 gramos de fruta, y su contenido de beta-carotenos cercano a 700 ug por cada 100 gramos de fruta fresca como se puede observar en la Figura 1.1 (Ribeiro, 2007, p. 13).

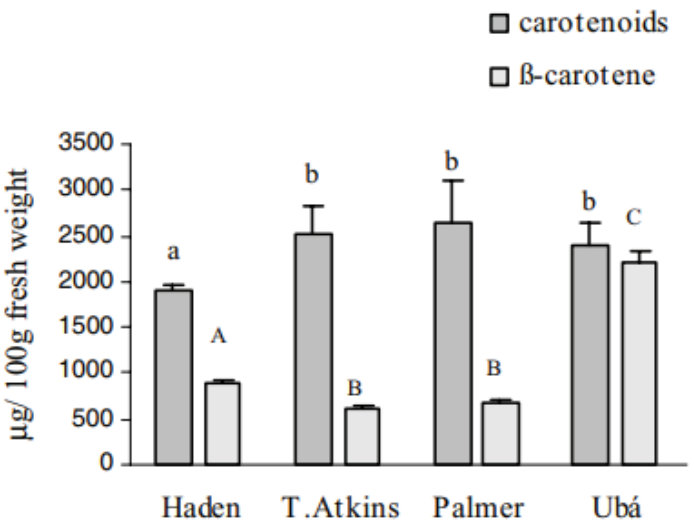


Figura 1.1 Contenido de carotenoides y beta-carotenos en 4 variedades de mango (Ribeiro, 2007, p. 13).

A nivel internacional el mango y el melón ecuatorianos son reconocidos como productos de excelente sabor y aroma, por lo cual el Ecuador en el 2017 exportó 49 275 toneladas de mango fresco, y en 2013, 61,3 toneladas de melón, siendo los principales países de destino Estados Unidos, Colombia y Canadá, para el mango, y Holanda y Alemania para el melón, estos valores se los puede observar en las Tabla 1.4 y Tabla 1.5 (Banco Central de Ecuador, 2018).

Tabla 1.4 Total de exportaciones de melón ecuatoriano por país de destino en toneladas métricas y miles de dólares para el año 2013

		2013	
Código País Destino	**País Destino**	**TM (Peso Neto)**	**FOB**
		61,3	**136,4**
ANT	ANTILLAS HOLANDESAS	6,7	12,9
ARE	EMIRATOS ÁRABES UNIDOS	0,1	0,3
BEL	BÉLGICA	3,0	6,7
CAN	CANADÁ	1,2	2,8
DEU	ALEMANIA	9,2	23,2

(Banco Central del Ecuador, 2018, p.1)

Tabla 1.4 Total de exportaciones de melón ecuatoriano por país de destino en toneladas métricas y miles de dólares para el año 2013 (continuación)

		2013	
Código País Destino	**País Destino**	**TM (Peso Neto)**	**FOB**
HKG	HONG KONG	0,5	2,6
NLD	PAÍSES BAJOS (HOLANDA)	33,8	72,5
USA	ESTADOS UNIDOS	5,4	11,9

(Banco Central del Ecuador, 2018, p.1)

Tabla 1.5 Total de exportaciones de mango ecuatoriano por país de destino en toneladas métricas y miles de dólares para los años 2016 y 2017

			2016		2017	
Subpartida	**Código País Destino**	**País Destino**	**TM (Peso Neto)**	**FOB**	**TM (Peso Neto)**	**FOB**
			63 162,5	**45 183,4**	**58 994,4**	**44 830,3**
Mangos	CAN	CANADÁ	1 788,2	1 350,2	1 748,0	1 397,6
Mangos	COL	COLOMBIA	3 021,5	304,0	2.098,2	209,8
Mangos	GBR	REINO UNIDO	207,1	155,8	47,4	55,2
Mangos	MEX	MÉXICO	232,3	173,2	325,9	272,5
Mangos	NLD	PAÍSES BAJOS (HOLANDA)	1 200,6	642,1	733,3	419,5
Mangos	NZL	NUEVA ZELANDIA	739,2	551,2	961,1	734,4
Mangos	USA	ESTADOS UNIDOS	51 009,3	37 790,6	51 605,4	40 403,2

(Banco Central del Ecuador, 2018, p.1)

A nivel interno, se estima que alrededor del 30% de la producción de mango ecuatoriano no puede ser exportada debido a que no cumple con la calidad física solicitada a nivel internacional, quedando una sobreoferta del producto para el

mercado local. La fruta que no puede ser exportada queda en el mercado interno y se la comercializa a precios bajos por el exceso de oferta, por lo tanto, se observa la necesidad de utilizar esta fruta y dar un valor agregado a estos productos, solo así se podría aumentar la rentabilidad para los productores (INIAP, 2008, p. 127).

Si se desea dar un valor agregado a las frutas es indispensable mantener las características nutricionales que destacan estos productos para finalmente ofrecer un producto nutricional que ayude a mantener una dieta saludable en la población ecuatoriana, y potencie una industria con posibilidades de expansión a nivel internacional.

En este proyecto se escogió a las frutas de mango y de melón por su gran contenido de carotenoides, por la temporalidad de sus cosechas y la posibilidad de adaptar la producción de melón a los niveles requeridos, pues el melón es una fruta de cultivo temporal (INIAP, 2008, p. 127).

El mango y melón se cosechan en temporadas alternadas, durante los meses de Octubre a Marzo se cosecha mango, y durante los meses de Abril a Septiembre se cultiva melón, de esta manera se dispone de materia prima durante todo el año (INIAP, 2008, p. 127).

Al tener la materia prima disponible de manera alternada se facilita la operación durante todo el año de la planta de producción y se aprovechan los mejores precios durante épocas de mayor oferta de las frutas.

Es así como este proyecto integrador pretende dar una alternativa de industrialización para estas frutas en el país, aprovechar la sobreoferta temporal del mango, mantener la composición nutricional de carotenoides de estas frutas, y brindar a los ecuatorianos una fuente de vitamina A que contribuya a su salud y bienestar.

La tecnología de industrialización que se escogió para desarrollar este proyecto fue la micro-encapsulación mediante secado por aspersión. El proceso de secado

por aspersión es una tecnología desarrollada desde los años 1 900, con esta tecnología se logró disminuir el peso de los alimentos y así facilitar su transporte, y con su posterior desarrollo ha posibilitado la extracción de productos considerados técnicamente inviables (Patel, 2009, p. 45).

En el secado por aspersión los productos líquidos se atomizan en un recinto que posee una corriente de aire caliente, donde cada gota del líquido se seca produciendo un polvo con propiedades propias del líquido (Patel, 2009, p. 47).

Sin embargo el secado por aspersión utiliza altas temperaturas en su operación, es una tecnología que puede deteriorar componente termolábiles del compuesto a secar, por lo tanto se debe utilizar una tecnología que permita secar el producto manteniendo sus propiedades casi intactas, esa tecnología es la micro-encapsulación de compuestos, la micro-encapsulación se utiliza en la industria alimenticia y farmacéutica para reducir la reactividad de componentes con factores ambientales, facilitar el manejo de componentes, controlar la liberación de los componentes, enmascarar sabores, entre otras aplicaciones (Gharsallaoui, 2007, p. 1108).

En el presente proyecto se utilizó la micro-encapsulación mediante secado por aspersión para encapsular los carotenoides y protegerlos durante el proceso de secado, esta metodología se ha descrito tanto para mango como para melón.

En lo que se refiere a micro-encapsulación de mango, Cano (2005) evaluó una serie de materiales encapsulantes sobre la pulpa de mango para de esta manera micro-encapsular su contenido de carotenoides, demostrando la viabilidad de este proceso para esta fruta (Cano, 2005, p. 5).

En lo relacionado a micro-encapsulación de beta-carotenos del melón Solval, Alfaro y Sativel, (2012) experimentaron con la pulpa de melón filtrada, en donde adicionaron maltodextrina como material encapsulante y establecieron que la temperatura de entrada de aire al secador determinó el contenido de beta-carotenos en el producto final.

Con la adición de un 10% en peso de maltodextrina como material encapsulante, en relación a la pulpa, y una temperatura de aire de entrada de 170 ºC, los investigadores lograron obtener un polvo seco con actividad de agua de 0,19 y un contenido de beta-carotenos de 164 ug/g base seca (Solval, 2012, p. 5-8).

Se escogió a esta tecnología como método para dar un valor agregado a toda esa producción de mango y melón que no se comercializa de manera atractiva en el país. Se propone facilitar a los actores inmersos en esta actividad económica un diseño de una planta de producción de micro-encapsulados de beta-carotenos.

1.2.MERCADO DEL PRODUCTO

Para el estudio de mercado se tomó como producto una pulpa de fruta deshidratada con alto contenido de beta-carotenos, de esta manera el producto se enmarca en una línea de alimentos funcionales.

1.2.1. MERCADO OFERENTE (OFERTA)

En el Ecuador no existen empresas dedicadas a la producción de pulpa de fruta deshidratada por aspersión, sin embargo, si existe en el mercado empresas que ofrecen jugos de fruta en polvo.

Dos empresas comercializan sus productos en la cadena de supermercados La Favorita, la marca Sanna by Rosanna Queirolo vende jugo de fruta en polvo con sabor a manzana verde, mora, mandarina entre otras.

La marca Supermaxi vende fruta en polvo en presentaciones sabor a mandarina, naranja, mora, manzana entre otras, estos productos son manufacturados por la empresa Aditmaq Cía. Ltda, ubicada en Quito misma que brinda el servicio de maquila para estas dos marcas, y por el momento es la única empresa que ha incursionado en el mercado de pulpa en polvo, sin embargo no vende la pulpa en polvo pura, pues todas sus presentaciones son una mezcla de saborizantes

adulcorantes, conservantes, estabilizantes y un porcentaje de pulpa de fruta en polvo.

1.2.2. MERCADO DEMANDANTE (DEMANDA)

La pulpa de fruta deshidratada se posiciona en un mercado de bebidas muy atractivo, pues el consumo por habitante de estas bebidas en el Ecuador corresponde a 272 mL/día. Si se toma en cuenta las edades en las que se comienza a consumir estos productos el mercado demandante solo excluye a niños menores de 1 año de edad (ENSANUT, 2014, p.314).

De esta manera se confirma que la población de referencia demandante para la pulpa de fruta deshidratada será de alrededor de 15 millones de habitantes, correspondientes a un aproximado de la totalidad de habitantes del país excluyendo a niños menores de 1 año (ONU, 2018).

La población demandante potencial para el producto es la población con acceso a los canales de distribución que en este caso son los supermercados, por lo tanto se tomó como población potencial a los habitantes de las 10 ciudades más grandes y cercanas a la planta de producción.

Dentro de la población demandante potencial existe un número importante de consumidores que se interesan por los alimentos funcionales y en especial por productos con contenidos importantes de beta-carotenos, esta población será la población demandante efectiva, calculada alrededor del 30% de la población demandante potencial (Vida Sana, 2018, p.1).

1.3. CAPACIDAD DE LA PLANTA

Para calcular la capacidad de la planta se consideró la introducción y presencia en el mercado demandante efectivo de jugos, gaseosas y energizantes de la población de las 10 principales ciudades urbanas del Ecuador, de esta manera se

tomó en cuenta a las ciudades de Quito, Guayaquil, Cuenca, Portoviejo, Riobamba, Manta, Ambato, Santo Domingo, Durán y Machala, con un total para el 2018 de 8 215 419 habitantes, en estas ciudades se espera posicionar un consumo anual de 0,5 litros de jugo rehidratado por habitante sobre el 30% de su población total, es decir que se espera posicionar 1 232 313 litros de jugo rehidratado por año.

Se consideró que por litro de jugo rehidratado se utiliza 60 gramos de pulpa deshidratada, con lo cual se determinó que la producción anual de encapsulados de pulpa fue de 73,93 toneladas, es así que se estimó una planta con una capacidad de producir 75 toneladas anuales de producto seco (Marín, 2006, p.46).

Comprobación:

$$8\,215\,419\ habitantes\ x\ 0{,}3\ x\ 0{,}5\ L\ de\ jugo = 1\,232\,313\ \frac{L\ de\ jugo}{año}$$

$$1\,232\,313\ \frac{L\ de\ jugo}{año}\ x\ \frac{60\ g\ de\ pulpa}{1\ L\ de\ jugo}\ x\ \frac{1\ kg}{1000\ g}\ x\ \frac{1\ Tm}{1000\ kg} = 73{,}93\ \frac{Tm\ de\ pulpa}{año}$$

Para cumplir con esta cantidad anual de producto la planta operará 250 días anuales y se estima que la planta debe producir 300 kg de producto seco al día.

Con lo cual se estima una capacidad producción de 300 kg/día para la planta de micro-encapsulados de beta-carotenos.

2. LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA

Para la localización del proyecto se realizó un análisis de la macro y micro-localización. Con la macro-localización se definió la región donde se localizará el proyecto.

Una vez obtenida la macro-localización del proyecto se determinó la micro-localización del mismo, donde se encontró el lugar dentro de la región escogida en donde se establecerá la unidad productiva. Se consideraron criterios como disponibilidad y costos de diferentes recursos, limitaciones tecnológicas, ubicación de la competencia, costo de transporte, cercanía a insumos entre otros factores (Machicado, 2016, p. 29-33).

Existen varios métodos para evaluar la localización de los proyectos. En el método de evaluación por factores no cuantificables se consideran los antecedentes industriales, factores preferenciales de los inversionistas, y la ubicación de la materia prima como factores destacados para su evaluación (Machicado, 2016, p.29-33).

Otro método muy utilizado para la localización de los proyectos es el método cuantitativo por puntos, que consiste en asignar valores cuantitativos a los factores considerados relevantes para la localización del proyecto, estos valores se tabulan y se calculan en base a un valor ponderado especificado en la misma tabla, de esta manera se define una comparación cuantitativa entre diferentes sitios (Urbina, 2010, p.87).

En este proyecto se utilizó el método de evaluación por factores no cuantificables para la macro-localización, y un método cuantitativo por puntos para la micro-localización.

2.1.MACRO-LOCALIZACIÓN

Uno de los aspectos principales a tomar en cuenta para el proyecto será la disponibilidad y cercanía de la materia prima. El transporte de la materia prima será determinante para la rentabilidad del proyecto, pues al tratarse de un producto seco, casi toda el agua contenida en la materia prima será eliminada; por lo tanto, se debe limitar al máximo el trasporte de la materia prima, en este caso la fruta. Otros factores a tomar en cuenta serán los beneficios del sector en cuanto a legislación, los factores climáticos y el acceso a los mercados.

La producción de mango para exportación en el Ecuador se concentra en la zona costera, principalmente en las provincias de Guayas y Los Ríos. En la provincia del Guayas la Fundación Mango Ecuador inspecciona fincas productoras y empresas exportadoras de esta fruta, se estima que la superficie aproximada de producción de mango para exportación es de 7 700 hectáreas, de la cuales 6 500 se dedican a la exportación y las restantes abastecen el mercado local (Fundación mango Ecuador, 2018).

Por otra parte, en el Ecuador la producción de melón se concentra en las provincias de Esmeraldas, Manabí, Santa Elena, Guayas y Los Ríos, estas zonas del litoral poseen las características ambientales necesarias para el desarrollo de esta fruta, con rendimientos de entre 50 000 y 75 000 kg/ha con una superficie de producción estimada de 1 500 ha en el año 2008 (Gómez, 2018, p.1).

La Provincia del Guayas es el centro de acopio de toda la fruta para exportación por ser el puerto más grande del país, posee toda la infraestructura para comercializar la fruta y enviarla hacia sus destinos a nivel mundial, además posee varios parques industriales en diferentes zonas, con empresas productoras e importadoras de empaques, maquinaria, equipos, insumos. (Ministerio de Industrias y Productividad, 2013, p.8).

En cuanto a accesibilidad la Provincia del Guayas posee una importante y transitada red vial, asegurando el acceso a centros de acopio, productores y

comercializadores de insumos y materia prima. De esta manera se determinó que la Provincia del Guayas es la mejor para localizar la planta de producción.

2.2. MICRO-LOCALIZACIÓN

Para la micro-localización del proyecto se consideró tres parques industriales de la provincia del Guayas, el Parque Industrial de Daule, el Parque Industrial de Yaguachi y el Parque Industrial de Durán, todos estos parques industriales tienen esa función específica para desarrollar actividades productivas.

Para determinar la micro-localización se utilizó la metodología cuantitativa por puntos y como factores principales se escogió los principales factores geográficos, como clima, inundaciones, niveles de contaminación, y el acceso (vías, rutas, carreteras); factores institucionales como incentivos municipales, y las reglamentaciones legales y fiscales; factores sociales como la cercanía de escuelas y hospitales, el acceso a personal capacitado y finalmente como factores económicos se tomó a los costos de suministros, costos de mano de obra, servicios básicos, costo del terreno y la cercanía a las materias primas (Urbina, 2010, p.87-89).

Para las ponderaciones se tomó una escala de 1 a la peor opción y 10 a la mejor opción. Las consideraciones tomadas para cada factor son las siguientes:

Clima: La temperatura y humedad del lugar.

Inundaciones: El lugar debe estar protegido de inundaciones.

Acceso: Debe garantizar el acceso privado y público.

Incentivos municipales: Existencia de beneficios tributarios por ubicar la industria en la zona.

Reglamentaciones legales y fiscales: No debe existir impedimento para la localización de dicha zona.

Cercanía a escuelas y hospitales: Se debe garantizar el acceso rápido a un centro de atención médica, así como centros educativos para familiares del personal.

Acceso a personal capacitado: Se debe considerar una zona que permita contratar personal capacitado para determinadas áreas.

Costos de suministros: Se debe asegurar el acceso a suministros y su menor costo.

Costos de mano de obra: Se debe asegurar el acceso a mano de obra y su adaptación al lugar de trabajo.

Servicios básicos: Es indispensable el acceso a luz, agua y alcantarillado.

Costo del terreno: El menor costo representara la factibilidad o no del proyecto.

Cercanía a las materias primas: Se debe encontrar el lugar con el mejor acceso a productores y proveedores.

Las ponderaciones y los factores se detallan en la Tabla 2.1 donde se muestra la matriz utilizada y los resultados para cada zona escogida.

Tabla 2.1 Ponderación para seleccionar la micro-localización de la planta.

Factor	**Ponderación (del 1 al 10)**	**Parque industrial de Durán**		**Parque industrial de Yaguachi**		**Parque industrial de Daule**	
		Calificación	**Ponderado**	**Calificación**	**Ponderado**	**Calificación**	**Ponderado**
Clima	5	6	3,0	7	3,5	7	3,5
Inundaciones	7	7	4,9	10	7,0	7	4,9
Acceso	7	8	5,6	9	6,3	8	5,6
Incentivos municipales.	8	5	4,0	9	7,2	5	4,0
Reglamentaciones legales y fiscales	7	9	6,3	10	7,0	8	5,6
Cercanía a escuelas y hospitales.	8	8	6,4	8	6,4	7	5,6
Acceso a personal capacitado	7	7	4,9	7	4,9	8	5,6
Costos de suministros.	8	8	6,4	7	5,6	8	6,4
Costos de mano de obra.	8	7	5,6	8	6,4	8	6,4
Servicios básicos.	10	10	10,0	10	10,0	10	10,0
Costo del terreno.	8	5	4,0	10	8,0	5	4,0
Cercanía a las materias primas.	8	9	7,2	8	6,4	9	7,2
Total			**68,3**		**78,7**		**68,8**

Se analizaron tres potenciales sitios para la localización de la planta, y de acuerdo a la Tabla 2.1 la zona con mejor puntuación ponderada fue el parque industrial de Yaguachi, hay que destacar que esta zona posee varios beneficios fiscales, pues el gobierno provincial y el estado han promovido la implementación de esta zona industrial.

Dentro de los incentivos para esta zona están la exoneración del impuesto a la renta por 5 años a las inversiones nuevas; la reducción de hasta 50% de impuestos sobre la propiedad, reducción de impuestos sobre matrículas y patentes, y sobre los impuestos de alcabalas (PIADY, 2018).

Además, por estar este parque industrial en pleno desarrollo se puede acceder a líneas de crédito especiales, además de seguros. La zona goza de beneficios como red eléctrica, red de agua potable, tratamiento para aguas residuales, acceso vehiculares y seguridad privada (PIADY, 2018).

En cuanto al acceso de materias primas la zona de Yaguachi se conecta mediante vías asfaltadas a toda la red vehicular de mayor tránsito en la provincia, siendo de fácil acceso para todos los productores, comercializadores y procesadores de mango y melón, incluso por su cercanía a la provincia de Los Ríos se pretende la captación de los productores de dicha provincia.

En cuanto al costo de los terrenos se pudo encontrar que son notablemente más baratos que en las demás zonas industriales, principalmente debido a que son zonas que están en desarrollo. En la Figura 2.2 se encuentra detallada la zona de la micro-localización cuya dirección es a 11.5 Km del PAN (Puente Alterno Norte), en la vía a Yaguachi.

Figura 2.1 Provincia del Guayas, Ecuador

(Google maps, 2018)

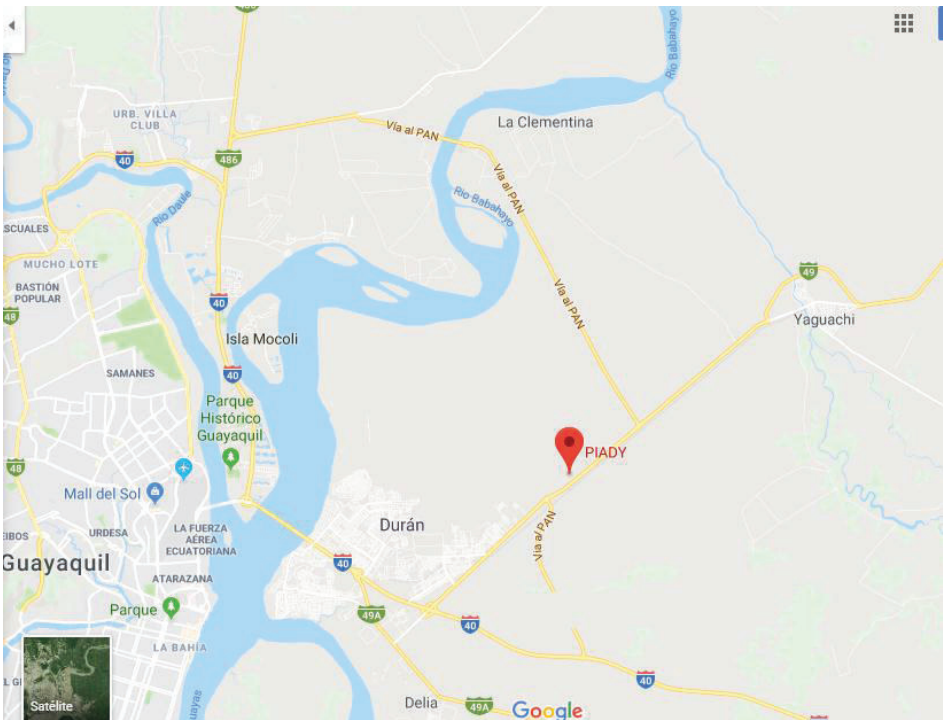


Figura 2.2 Localización de la planta de encapsulados de beta-carotenos

(Google maps, 2018)

3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Para la producción de micro-encapsulados de beta-carotenos se ha determinado 2 unidades principales para su proceso y son las siguientes:

Unidad 1: Preparación de la fruta y despulpado.
Unidad 2: Micro-encapsulación de beta-carotenos mediante secado por aspersión.

3.1. UNIDAD 1: PREPARACIÓN DE FRUTA Y DESPULPADO

La unidad de preparación de fruta y despulpado es la primera unidad de producción dentro de la planta, esta unidad se encarga de recibir 1 548 kg de mango al día durante los meses de Octubre a Marzo y 2 537 kg de melón al día durante los meses de Abril a Septiembre, limpiarla, desinfectarla, acondicionarla para su despulpado, y finalmente obtener una pulpa de fruta con las condiciones necesarias para cumplir con la calidad propuesta, que para el caso del mango será una pulpa con 18 ºBrix, y para el melón 10 ºBrix (Cano, 2005, p.422; Solval, 2012, p.288).

Se describe a continuación las operaciones de la unidad de preparación de fruta y despulpado que son las siguientes:

Recepción y selección de fruta.- La fruta se recibe en mallas que llegan en camiones, se descarga la fruta en una banda trasportadora para una primera inspección visual, se separa la fruta dañada y cualquier contaminante físico encontrado. Se pesa la fruta en javas plásticas y se la ubica en los sitios adecuados para su posterior limpieza.

Limpieza.- Para este proceso se pueden utilizar varios equipos, o simplemente aspersores o rociadores de agua, sin embargo se utilizará un equipo que limpie de manera continua las frutas y las javas que las contienen, por lo que pasará por un Drencher de limpieza, donde recibe un baño con agua potable. Aquí los operarios lavan la fruta con cepillos plásticos, y preparan toda la fruta para desinfectarla.

Desinfección.- La fruta cepillada y lavada pasa a un pozo de inmersión, donde se sumerge en agua clorada a concentración de 30 ppm de cloro, para después pasar a la siguiente banda transportadora, para continuar con el proceso de clasificación por estado de madurez de la fruta (Brench, 2009, p.32-34).

Clasificación por estado de madurez.- En esta operación la fruta desinfectada se clasifica en función de su estado de maduración de acuerdo a protocolos establecidos para su tratamiento pos-cosecha, este procedimiento se lo realiza debido a la importancia de escoger la fruta en el estado de maduración exacto, y para un proveedor es difícil seleccionar de manera precisa este estado, por lo que se espera una materia prima con diferentes estados de maduración. La fruta que cumple con el estado de madurez requerido continúa con el proceso de pelado y despulpado, la fruta menos madura será llevada al cuarto de maduración.

Pelado.- Para el caso del melón la fruta madura es pelada manualmente con cuchillos en mesas de operación donde se separa la cáscara del mesocarpio de la fruta. Se trocea la fruta y se la coloca en cubetas para su posterior ingreso a la despulpadora. El mango pasa al proceso de despulpado mecánico sin pelarlo.

Despulpado.- La fruta seleccionada y madura ingresa a la despulpadora, donde se separa sus semillas de su cáscara, y se obtiene la pulpa de la fruta. La pulpa de fruta será almacenada en recipientes agitados que faciliten su posterior tratamiento enzimático.

3.2. UNIDAD 2: MICRO-ENCAPSULACIÓN MEDIANTE SECADO POR ASPERSIÓN

La segunda unidad de producción de la planta es la de micro-encapsulación mediante secado por aspersión, en esta unidad la pulpa de la fruta pasará a un proceso de tratamiento enzimático, filtración, acondicionamiento y secado para obtener una pulpa micro-encapsulada de baja humedad.

Tratamiento enzimático.- La pulpa obtenida del despulpado será sometida a un tratamiento enzimático con la finalidad de reducir la cantidad de fibra contenida, y aumentar el aprovechamiento de sus carotenoides, con la ayuda de un sistema de agitación y con un coctel enzimático comercial.

Filtración.- La pulpa de fruta tratada enzimáticamente se someterá a un proceso de filtrado para retener todos los residuos que quedarán del tratamiento enzimático para este proceso existen varias alternativas, como filtros prensa, filtros de placas y filtros continuos, la pulpa será impulsada por una bomba, y pasará a través de un filtro hacia un reactor agitado donde se llevará a cabo su acondicionamiento.

Acondicionamiento.- Es la operación en la cual la pulpa de fruta se mezclará con el agente encapsulante, y se regulará su concentración y viscosidad. La pulpa filtrada es impulsada mediante una bomba hacia un reactor, en este reactor se añade maltodextrina y agua destilada, la pulpa ya acondicionada se almacenará en un tanque de almacenamiento.

Secado por aspersión.- En el proceso de secado por aspersión se va a transformar las partículas líquidas de la pulpa de la fruta en partículas sólidas, existen otras alternativas tecnológicas para cumplir con este objetivo como la liofilización, sin embargo el alto costo de esta alternativa limitan su implementación (Gaidhani K, 2015 p.1).

Al secador por aspersión ingresa la pulpa acondicionada proveniente del tanque de almacenamiento, y el aire acondicionado proveniente de un calentador de aire. A la salida del secador por aspersión se obtendrá un polvo seco granular de baja humedad que continuará con el proceso de almacenamiento y posterior empaque.

Almacenamiento a granel.- El polvo seco obtenido del secador se almacena en fundas de polietileno de 25 kg mismas que son guardadas en tachos plásticos cerrados y protegidos en un recinto seco.

Empacado.- Se empacará el polvo seco en una presentación 0,5 kg, su composición y contenido se detallan en las Tabla 3.1 y en la Tabla 3.2.

3.3.DEFINICIÓN DEL PRODUCTO

El producto a obtener es un polvo seco, con alto contenido de carotenoides, que de acuerdo a su composición se lo ha clasificado en una mezcla en polvo para preparar bebidas instantáneas, con lo cual se regirá a la normativa INEN 2471.

La normativa INEN 2471 define a las mezclas en polvo para preparar bebidas instantáneas como “Producto que contiene una mezcla de sustancias en polvo como: azúcares o edulcorantes de alta intensidad, acidulantes, saborizantes, colorantes, estabilizantes, antioxidantes, anti aglutinantes y sustancias para enturbiar. El mismo que se reconstituye según las instrucciones del fabricante, disolviéndose completamente con agitación constante.” (INEN, 2015, p.1).

El producto debe contener una cantidad mínima de vitaminas y minerales del 7,5 % de la ingesta diaria recomendada, y una cantidad mínima de proteína del 5 % de la ingesta diaria recomendada (INEN, 2015, p.2).

Con estas consideraciones en la Tabla 3.1 y en la Tabla 3.2 se detalla la composición nutricional presente en los productos a elaborar.

Tabla 3.1 Composición de los micro-encapsulados de mango

Micro-encapsulados de mango	
Descripción	Polvo fino
Color	Amarillo intenso
Humedad	Menor a 3 %
Contenido de beta-carotenos	46 ug/g
Proteínas	20 mg/g
Presentación	500 g

(Cano, 2005, p 3; Merizalde 2018, p. 2)

Tabla 3.2 Composición de los micro-encapsulados de melón

Micro-encapsulados de melón	
Descripción	Polvo fino
Color	Anaranjado- rojizo
Humedad	Menor a 3 %
Contenido de beta-carotenos	164 ug/g
Proteínas	1,36 mg/g
Presentación	500 g

(Solval, 2012, p.2).

3.4.DEFINICIÓN DE MATERIAS PRIMA

3.4.1. Características del Melón

El melón que se recibirá es de la variedad Cataulupe, la cáscara de esta fruta estará libre de rupturas, la fruta no presentará partes blandas. Tendrá un color pardo amarillento.

3.4.2. Características del Mango

El mango que se recibirá es de la variedad Tommy Atkins, con un grado de madurez 5 de acuerdo a la escala de color propuesto por National Mango Board, 2018.
La fruta debe llegar libre de rupturas en su cáscara y sin partes blandas en su cuerpo.

3.5. PROVEEDORES

Los proveedores de la materia prima serán los propietarios de las fincas dedicadas a la producción de mango y de melón de la costa ecuatoriana.

Se calcula una producción anual de 14 000 toneladas de mango para exportación (Fundación Mango Ecuador, 2018). De las cuales no se exportan alrededor del 30%, por lo que 4 000 toneladas al año de fruta se distribuyen en el mercado interno (INIAP, 2008, p.127).

En cuanto a la producción de melón no existe una organización que se encargue de representar a sus productores, por lo que las fincas pequeñas son las que producen la fruta. Al ser un cultivo estacionario los productores deciden cuando sembrar esta fruta, por lo tanto, su producción se ve determinada por el mercado demandante, pudiendo subir su oferta si el mercado así lo requiere (INIAP, 2008, p.186).

4. CRITERIOS DE DISEÑO

Para la primera unidad de producción de la planta se consideró la pos-cosecha de mango y melón, como criterio principal para sus operaciones, los aspectos generales de pos-cosecha de estas frutas se detallan en el Anexo I.

Los criterios de diseño de las operaciones desde la recepción de la fruta hasta el despulpado se obtuvieron mediante un ensayo experimental cuyos detalles se encuentran en el Anexo II.

Con relación al diseño de los equipos se considera como material de construcción acero 316, como criterios generales de diseño se tomará en cuenta el fácil acceso hacia los mismos, la posibilidad de aislamiento sin perturbaciones a otros equipos, la vigilancia de puntos críticos de control, el fácil mantenimiento y adecuada limpieza (Vanaclocha, 2016, p.174).

Recepción y clasificación de la fruta.- Esta operación se la realizará a temperatura ambiente, en un recinto cubierto, dispuesto de una báscula con capacidad de 500 kg. Se encontró experimentalmente que el porcentaje de fruta correspondiente a partida y dañada corresponde al 2,7% de mango y al 2% de melón, estos datos se observan en la Tabla AII.1. Se tomará en cuenta la disposición de los espacios de tal manera que la fruta descargada en sacos y las javas plásticas que contienen la fruta se apilen sin problemas.

Limpieza.- Se encontró experimentalmente un porcentaje del 0,4 % de impurezas para el mango y 0,5 % de impurezas para el melón correspondiente a hojas, pedúnculos, tierra, piedras, y otras impurezas. Esta operación se realiza en un recinto cerrado, y se calculó que para limpiar 40 kg de mango se utilizaron 40 litros de agua potable a temperatura ambiente. Por lo cual se necesitará una relación de 1/1 de agua por kilogramo de fruta, el agua a utilizar será potable como se recomienda en los manuales pos-cosecha (National Mango Board, 2018, p.6).

Desinfección.- Se sumergirá la fruta en un pozo de inmersión, que utilizará agua potable adicionada de cloro en relación de 30 ppm, se calculó que la relación de agua para inmersión de la fruta es de 3 litros por cada kilogramo de fruta. De esta operación se requiere que la fruta salga a temperatura de 10-15 ºC, por lo que la temperatura del agua de inmersión será menor a 10 ºC (Brench, 2009, p.12).

Clasificación por estado de madurez.- Para el caso del melón se toma como referencia una escala de coloración y turgencia de su cáscara como se lo detalla la Tabla AI.3. Por su parte el mango será clasificado siguiendo una escala de coloración detallada en la Figura AI.2. La fruta menos madura se mantendrá por un máximo de 10 días en los cuartos de maduración, y por un máximo de 5 días en los cuartos de refrigeración (Velazquez, 2007, p.11-12).

La fruta en el cuarto de maduración deberá permanecer a una temperatura de 15 ºC y en el cuarto de refrigeración a 10 ºC, allí se mantiene la fruta hasta obtener el punto de maduración necesario para el despulpado, el mango con una escala de

madurez 5, y el melón con contenido de sólidos solubles mayor a 9 ºBrix (Solval, 2012, p.2).

Como se detalla en la Tabla AII.1, se encontró que el 70% del mango se encontraba listo para su despulpado, quedando un 30% para mantenerlo en maduración, mientras que en el caso del melón el 80% se encontró listo para su despulpado. En esta operación se utilizará una banda transportadora, por lo cual se debe dimensionar una banda trasportadora que permita el fácil manejo de las frutas sin maltratarlas.

Para esta operación se diseñará un cuarto frío y un cuarto de maduración que permita el almacenamiento de las frutas.

Pelado.- Para el caso del melón se pelará la fruta en mesas de acero inoxidable 316 utilizados para la producción de alimentos (Saravacos, 2016, p.53), se utilizarán cuchillos de acero para alimentos.

Despulpado.- La pulpa de mango de color amarillo intenso tendrá 18 +- 1 ºBrix, y un pH de 3,2 +- 0,2 (Cano, 2005, p.2; Siller, 2009, p.5), la pulpa de melón tendrá 10 +-1 ºBrix, de color rojizo pardo intenso y libre de materiales extraños (Solval, 2012, p.2).

Para esta operación se encontró experimentalmente que el mango contiene un 63,81% de pulpa, y el melón un 66,54% como se detalla en la Tabla AII.1. A partir de este proceso se debe considerar la sensibilidad que tiene la pulpa de fruta a contaminación, por lo que la temperatura de operación para el despulpado será de máximo 12 ºC, esta etapa de proceso se la considera sensible (Brench, 2009, p.12). Para esta operación se dimensionará una despulpadora que asegure la producción de mango y de melón.

Tratamiento Enzimático.- Tanto la pulpa de melón como la pulpa de mango poseen fibra compuesta por polisacáridos que confieren ciertas características a su

composición, estos polisacáridos forman cadenas largas como la celulosa, la hemicelulosa, y la pectina, se conoce que estos compuestos funcionan en las frutas como secuestradores de componentes, por lo que es importante tratar enzimáticamente con un coctel compuesto por enzimas celulasas, pectinasas, y hemicelulasas para brindar un efecto sinérgico en su hidrólisis. Con el tratamiento enzimático a la pulpa se aprovechan todos los beta-carotenos contenidos en la fibra, y se disminuye su viscosidad, evitando problemas posteriores en la entrada de la pulpa al secador (Waliszewski, 2012, p.112).

La enzima que se utilizará está compuesta por α-amilasa porcina, pepsina porcina y Pectinex Ultra SPL, será añadida a una concentración de 1ml/kg de pulpa, este proceso se llevará a cabo a una temperatura de 30ºC por 35 minutos en agitación (Merizalde, 2018, p.1; Quintero, 2012, p.1).

Para que se pueda alcanzar esta temperatura el reactor tendrá una chaqueta que permitirá el paso de agua caliente, que actuará como fuente de calor para el equipo, cada tanque almacenará la cantidad de pulpa correspondiente a 2 horas de despulpado, misma que entrará al proceso de filtración y acondicionamiento posteriormente. Esta etapa del proceso se la considera muy sensible.

Filtración.- La filtración es la operación unitaria que separa los sólidos contenidos en una suspensión mediante un medio filtrante que permite el paso de fluido y retiene las partículas sólidas, las partículas retenidas son inferiores en tamaño a las perforaciones del medio filtrante (Aguado, 2002, p.86).

Los sólidos que se separan de las pulpas de frutas son los polisacáridos que se encuentran en sus paredes celulares, como la pectina, la celulosa, la lignina y la hemicelulosa. Todo este material sólido que no ha sido afectado por el coctel enzimático se depositará en la superficie filtrante formando una capa de sólidos llamada torta de filtrado o colmataje (Rujano, 2015, p.28).

Para el proceso de filtración se calculó experimentalmente que la torta de filtrado para la pulpa de mango fue de 4,79 %, y la torta de filtrado de melón fue de 2,94

%. Para el diseño del filtrador se tomará como referencia la filtración de la pulpa de mango, pues es la pulpa con mayor cantidad de colmataje o torta de filtrado.

Se diseñará un filtro de tambor rotatorio pues es un filtro contínuo de rápida limpieza, que permite regular el tamaño de su malla para filtrar partículas diferentes, además de regular su velocidad.

Acondicionamiento.- En esta operación la pulpa filtrada se prepara para la micro-encapsulación de sus componentes bioactivos, un proceso en el que diminutas partículas de un material, son recubiertas o rodeadas por un recubrimiento, se lo conoce también como un proceso de mico-empaque de compuestos, de esta manera se forman micro-cápsulas que confieren al material a encapsular muchas propiedades útiles, pues la micro-encapsulación proporciona al material una barrera física entre sus componentes, el agente encapsulante es de calidad alimentaria, y el núcleo a encapsular puede ser compuesto por una o varias componentes, además el material de pared puede ser de una o varias capas. Para determinar el material de pared idónea para cada componente se observan varios factores como la solubilidad, la polaridad, la volatilidad y la funcionalidad química que rigen al núcleo (Gharsallaoui, 2007, p.1108).

En las experimentaciones descritas para la micro-encapsulación de pulpa de mango y de melón, el material de pared utilizado fue la maltodextrina, por lo cual se adicionará maltodextrina y agua destilada, para ajustar en el caso del mango una relación de 12% en peso de maltodextrina, 12+- 1 ºBrix y una viscosidad menor a 0,35 Pa.s (Cano, 2005, p.12).

Para la pulpa de melón se adiciona maltodextrina en una relación de 10% en peso y debe registrar 10 +- 1 ºBrix, con una viscosidad menor a 0,35 Pa.s (Solval, 2012, p.88).

El acondicionamiento de la pulpa filtrada se realiza en tanques de acero inoxidable 316, a una temperatura de 30 ºC.

En el caso de la pulpa de mango se ajustarán los niveles de sólidos solubles con agua destilada hasta obtener una pulpa de 12 ºBrix. El proceso de acondicionamiento se realiza en un tanque agitado. Una vez acondicionada, la pulpa se almacena en el tanque de almacenamiento para después pasar al secado por aspersión.

Secado por aspersión.- La pulpa de fruta acondicionada pasará por varios fenómenos, al principio se dará una atomización, formando pequeñas gotas cuyo objetivo es asegurar una máxima superficie de trasferencia de calor entre la gota y el aire seco caliente, después entrarán en contacto la gotas con el aire caliente, de acuerdo a la dirección del aire este proceso se llevará a cabo en contracorriente, finalmente se dará la evaporación del agua, llevando a las gotas del líquido a una temperatura constante denominada temperatura de bulbo húmedo de aire de secado, y la masa de agua de las gotas se transfieren al secador debido a la diferencia de la presión de vapor (González, 2015, p.183).

La temperatura de entrada de la pulpa acondicionada al secador por aspersión será de 30 ºC, a una viscosidad de 0,35 Pa.s, con una cantidad de sólidos solubles de 10%. Para el aire de entrada su temperatura será de 180 ºC, y la producción requerida a obtener del secador es de 300 kg/día de pulpa deshidratada de 3% de humedad. Esta etapa del proceso es sensible, por lo que se diseñará un secador por aspersión. El recinto donde se llevará a cabo el secado debe ser controlado con una humedad ambiental menor a 40% y una temperatura máxima de 30 ºC (Solval, 2012, p.2-8).

Empacado.- Se utilizará una llenadora de polvos que permita el llenado con bolsas aluminadas de 500 g, el llenado del producto se llevará a cabo a una temperatura menor a 30 ºC, y una humedad relativa menor a 40 %, de esta manera, se limitará la posibilidad de aumento de humedad del producto en el empaque.

5. DISEÑO DE PLANTA

5.1.DIAGRAMAS DE BLOQUES BFD Y DE FLUJO PFD

5.1.1. DIAGRAMA DE BLOQUES BFD (MANGO)

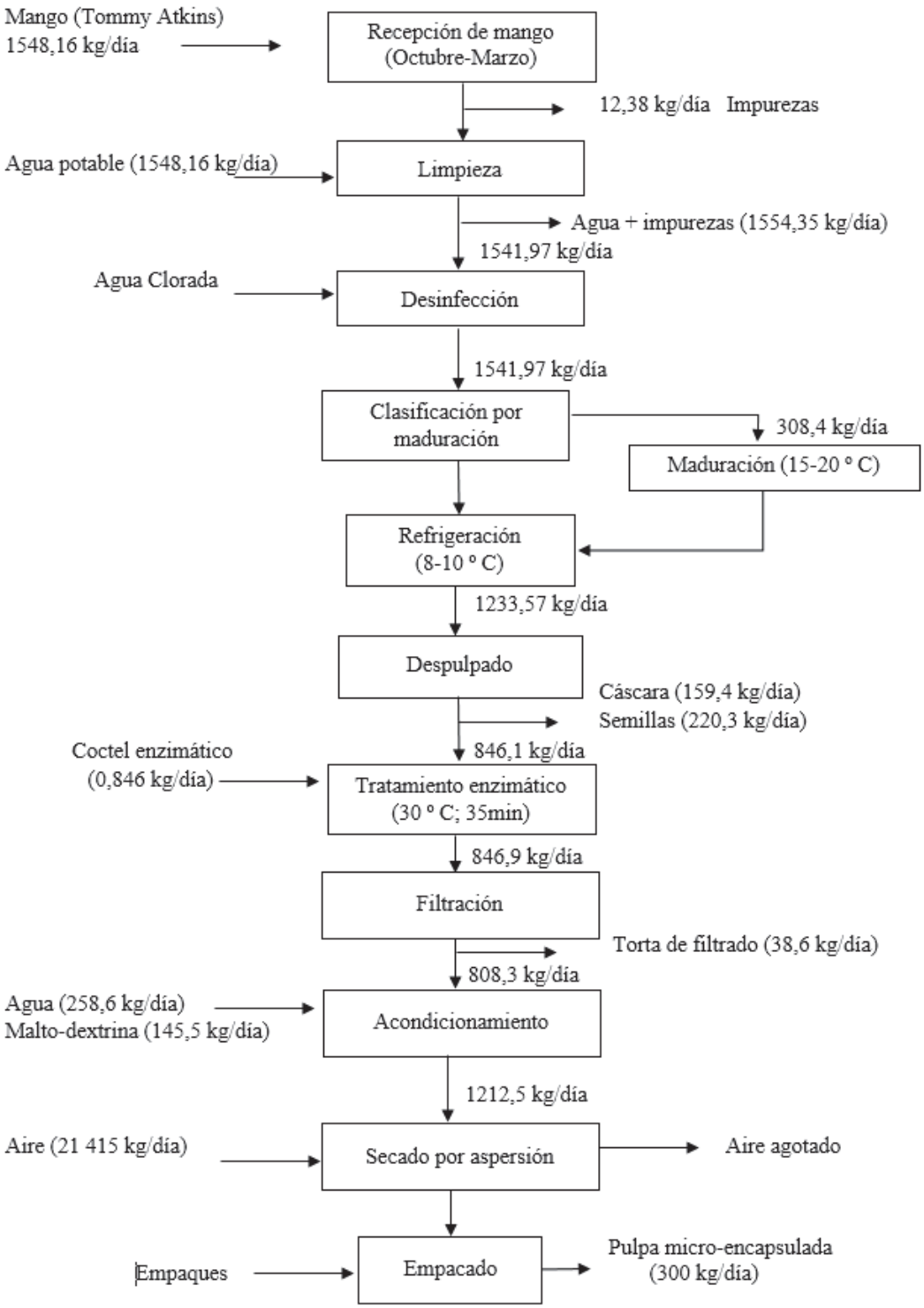


Figura 5.1 Diagrama de bloques de la planta para procesamiento de mango, durante los meses de Octubre a Marzo.

5.1.2. DIAGRAMA DE BLOQUES BFD (MELÓN)

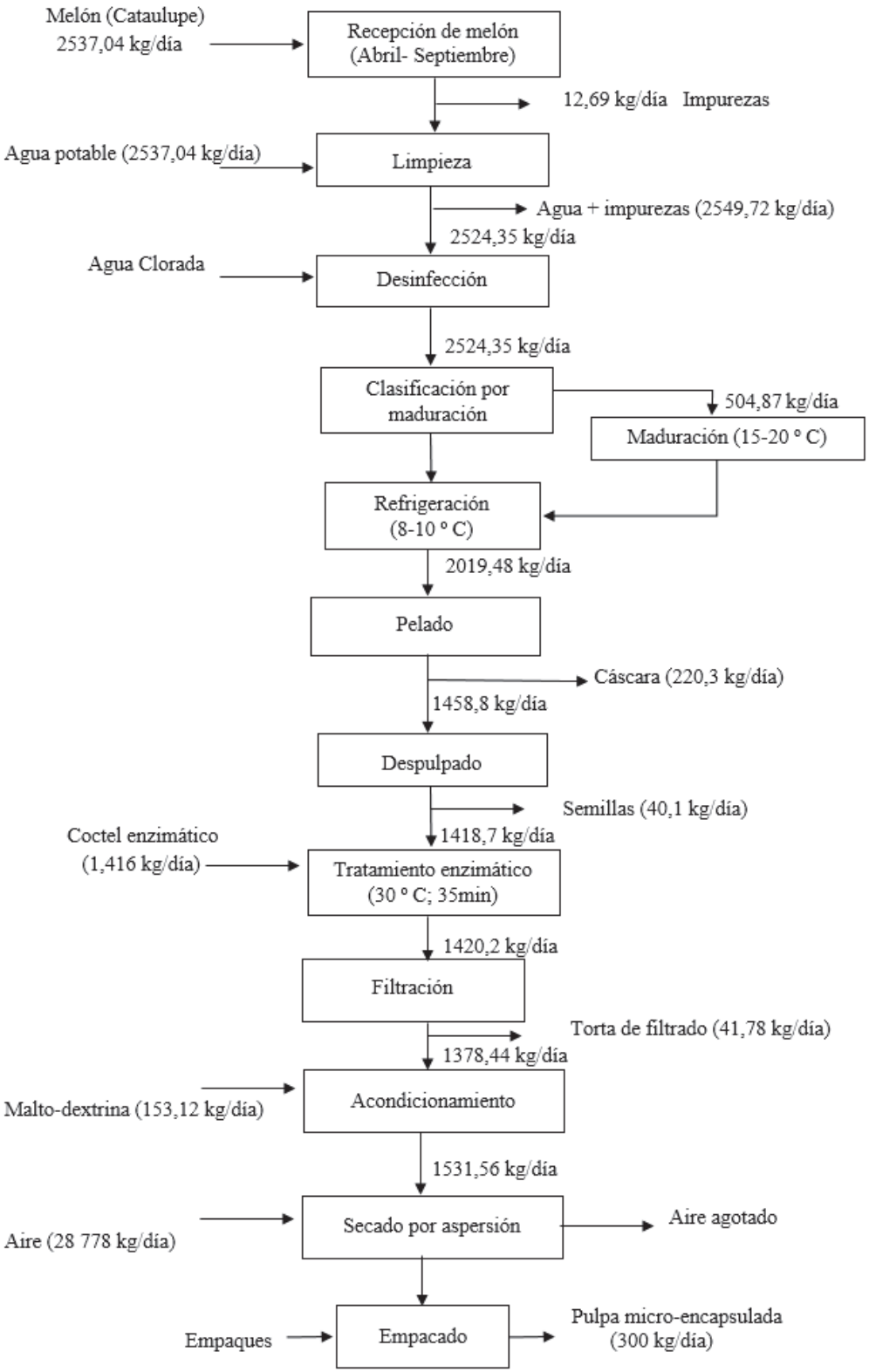


Figura 5.2 Diagrama de bloques de la planta para procesamiento de melón, durante los meses de Abril a Septiembre.

5.1.3. DIAGRAMA DE FLUJO PFD

Con las operaciones unitarias del proceso descritas y el diagrama de bloques planteado se procedió a realizar el diagrama de flujo PFD, tomando como referencia la simbología para planos de proceso del manual de Ingeniería de diseño de PDVSA (2005).

En este diagrama se detallan las condiciones de operación en cada proceso de la planta de producción de micro-encapsulados de beta-carotenos y se lo presenta en la Figura 5.3.

BT–101A/B
BANDA TRANSPORTADORA
Dimensiones: 0,60 x 1,80 m
Capacidad: 1 Ton/h

DR–101
DRENCHER DE LIMPIEZA
Dimensiones: 2,3x0,5x1,63 m
Capacidad: 800 Kg/h

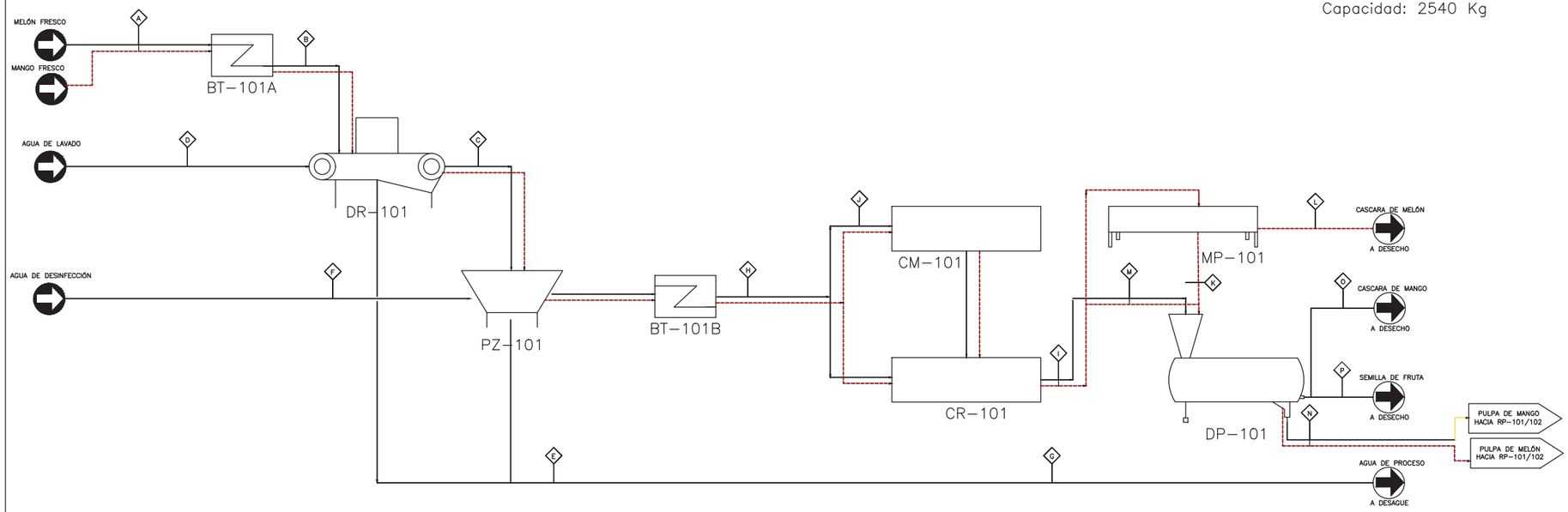
PZ–101
POZO DE DESINFECCIÓN
Dimensiones: 5,05x0,6x1,10 m
Capacidad: 800 Kg/h

DP–101
DESPULPADORA DE FRUTA
Dimensiones: 0,60x0,2x1,45 m
Capacidad: 500 Kg/h

CR–101
CUARTO DE REFRIGERACIÓN
Dimensiones: 10x110x3 m
Capacidad: 10100 Kg

CM–101
CUARTO DE MADURACIÓN
Dimensiones: 7x7x3 m
Capacidad: 5049 Kg

MP–101
MESA DE PELADO DE FRUTA
Dimensiones: 0,8x3x0,6 m
Capacidad: 2540 Kg



CORRIENTE N°		A	B	C	D	E	F	H	I	J	K	L	M	O	P	N
DESCRIPCIÓN		RECEPCIÓN DE FRUTA A BT–101	RECEPCIÓN DE FRUTA A DR–101	FRUTA LAVADA	AGUA DE LAVADO A DR–101	AGUA CON IMPUREZAS A TRATAMIENTO	AGUA DE DESINFECCIÓN A PZ–101	FRUTA DESINFECTADA A CLASIFICACIÓN	FRUTA REFRIGERADA	FRUTA A MADURACIÓN	MELÓN PELADO A DESPULPADORA	DESECHOS DE MELÓN	MANGO A DESPULPADORA	CÁSCARA DE MANGO	SEMILLA DE FRUTA	PULPA DE FRUTA
FASE		SÓLIDO	SÓLIDO	SÓLIDO	LÍQUIDO	LÍQUIDO	LÍQUIDO	SÓLIDO	SÓLIDO	SÓLIDO	SÓLIDO	SÓLIDO	SÓLIDO	SÓLIDO	SÓLIDO	LÍQUIDO
FLUJO MÁSICO (MELÓN/MANGO)	kg/día	2537,0/1548,2	2537,0/1548,2	2524,4/1542,0	2537,0/1548,2	2549,7/1554,4	2524,4/1542,0	2524,4/1542,0	2019,5/1233,6	504,9/308,4	1458,8	560,6	1233,6	159,4	40,1/220,3	1418,7/846,1
TEMPERATURA	°C	28,00	28,00	28,00	28,00	10,00	10,00	25,00	10,00	25,00	10,00	25,00	10,00	10,00	10,00	30
PRESIÓN	barg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

INGENIERÍA/REGISTRO DISEÑO	FIRMA	FECHA
DIBUJANTE PABLO ROSERO		02/2019
ING. DISEÑO PABLO ROSERO		02/2019
REVISADO DRA. JENNY RUALES		02/2019

TAMAÑO: A3
ESCALA: N/A

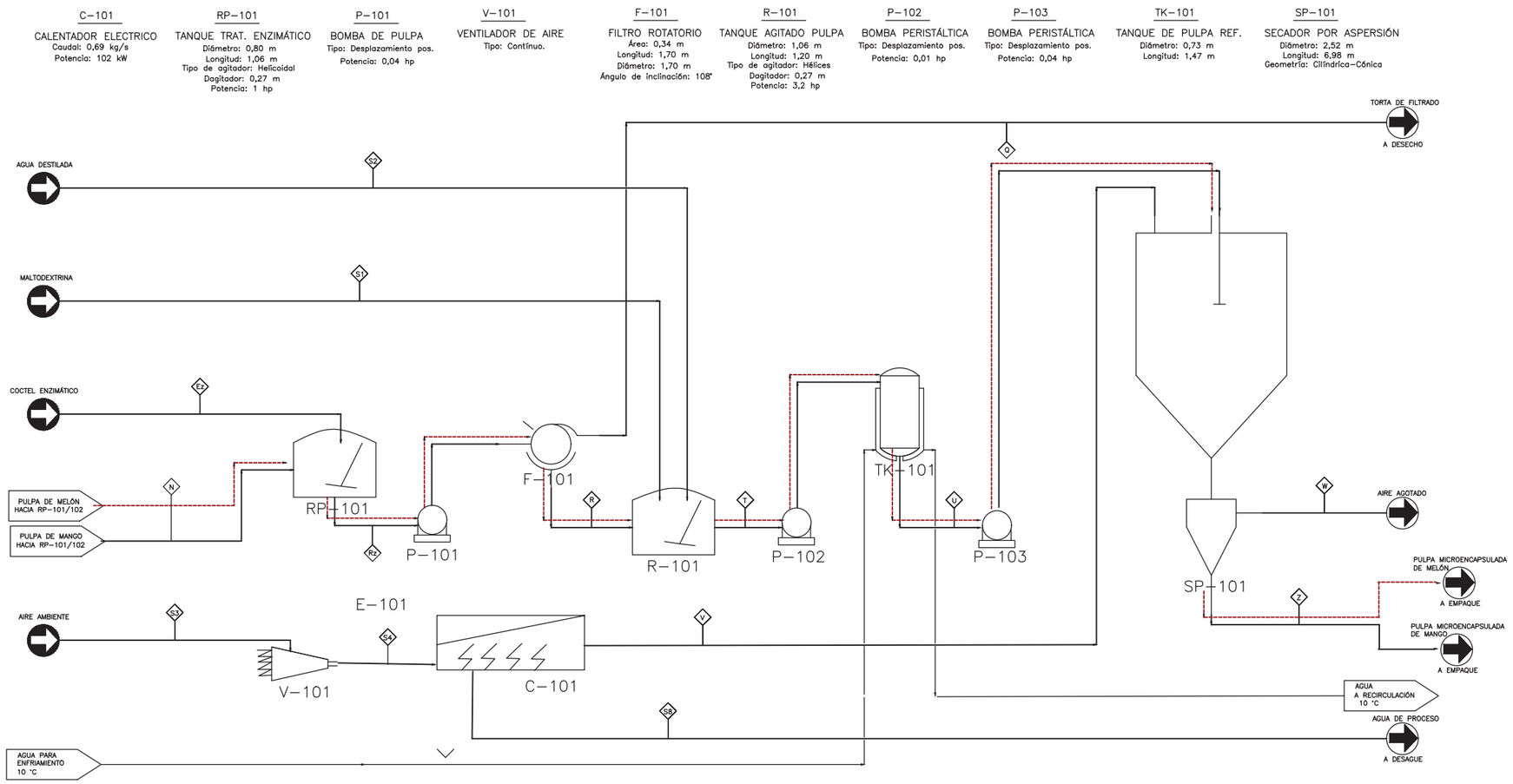
ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

PROYECTO DISEÑO DE UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ENCAPSULADOS DE CAROTENOIDES A PARTIR DE PULPA DE MELÓN Y MANGO

DESCRIPCION
DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS (PFD)

DIBUJO No. | HOJA 1 de 2 | Rev. 1

Figura 5.3. Diagrama de flujo del proceso.



CORRIENTE N°		Q	R	Ez	Rz	S1	S2	S3	S4	T	U	V	W	Z	N
DESCRIPCIÓN		TORTA DE FILTRADO A DESECHO	PULPA FILTRADA A R-101	COCTÉL ENZIMÁTICO A RP-101 A/B	PULPA TRATADA A FIL-101	MALTODEXTRINA A R-101	AGUA DESTILADA A R-101	AIRE AMBIENTE A V-101	AIRE AMBIENTE A C-101	PULPA TRATADA A TK-101	PULPA TRATADA A P-103	AIRE CALIENTE A SP-101	AIRE HÚMEDO A DESCARGA	PULPA EN POLVO A EMPAQUE	PULPA DE FRUTA
FASE		SÓLIDO	LÍQUIDO	LÍQUIDO	LÍQUIDO	SÓLIDO	LÍQUIDO	GAS	GAS	LÍQUIDO	LÍQUIDO	GAS	GAS	SÓLIDO	LÍQUIDO
FLUJO MÁSICO (MELÓN/MANGO)	kg/día	41,78/38,6	1378,44/808,3	1,416/0,846	1420,2/846,9	153,12/145,5	0,00/258,6	29851/22200	29851/22200	1531,56/1212,5	1531,56/1212,5	29851/22200	30048/22344	300/300	1418,7/846,1
TEMPERATURA	°C	25,00	25,00	35,00	35,00	25,00	25,00	35,00	10,00	25,00	10,00	180,00	78,50	78,50	30
PRESIÓN	barg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

INGENIERÍA/REGISTRO DISEÑO	FIRMA	FECHA		ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL		
DIBUJANTE PABLO ROSERO		02/2019		PROYECTO DISEÑO DE UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ENCAPSULADOS DE CAROTENOIDES A PARTIR DE PULPA DE MELÓN Y MANGO		
ING. DISEÑO PABLO ROSERO		02/2019		DESCRIPCION DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS (PFD)		
REVISADO DRA. JENNY RUALES		02/2019	TAMAÑO: A3 ESCALA: N/A	DIBUJO No.	HOJA 2 de 2	Rev. 1

Figura 5.3. Diagrama de flujo del proceso (continuación).

5.2. BALANCE DE MASA

Los cálculos y el detalle de los balances de masa en todo el proceso de producción de micro-encapsulados de beta-carotenos se encuentran en el Anexo III, a continuación en la Tabla 5.1 se presenta un detalle de los valores obtenidos en cada operación.

Tabla 5.1 Resumen de los balances de masa del proceso de producción de beta-carotenos.

Operación	Unidad	
	Mango	**Melón**
Recepción de la fruta		
Fruta fresca	1 548,16 kg/día	2 537,04 kg/día
Fruta pesada	1 548,16 kg/día	2 537,04 kg/día
Limpieza		
Fruta Limpia	1 541,97 kg/día	2 524,35 kg/día
Agua de limpieza	1 548,16 kg/día	2 537,04 kg/día
Agua de limpieza + impurezas	1 554,35 kg/día	2 549,72 kg/día
Desinfección		
Agua de desinfección	----------	----------
Fruta desinfectada	1 541,97 kg/día	2 524,35 kg/día
Clasificación		
Fruta desinfectada	1 541,97 kg/día	2 524,35 kg/día
Fruta a refrigeración a 10ºC y 85% de HR	1 233,6 kg/día	2 019,48 kg/día
Fruta a maduración a 15ºC y 85% de HR	308,4 kg/día	504,87 kg/día

Tabla 5.1. Resumen de los balances de masa del proceso de producción de beta-carotenos. (Continuación)

Operación	Unidad	
	Mango	**Melón**
Pelado		
Fruta a 10ºC	El mango pasa directamente a despulpado.	2 019,48 kg/día
Melón pelado y troceado		1 458,8 kg/día
Cáscara de melón		560,4 kg/día
Despulpado		
Fruta a 10ºC	1 233,6 kg/día	1 458,8 kg/día
Pulpa de fruta	846,1 kg/día	1 418,7 kg/día
Cáscara de fruta	159,4 kg/día	----------
Semilla de fruta	220,3 kg/día	40,1 kg/día
Tratamiento enzimático		
Enzimas para adicionar	0,846 kg/día	1,416 kg/día
Pulpa de fruta	846,1 kg/día	1418,8 kg/día
Pulpa tratada enzimáticamente	846,9 kg/día	1420,2 kg/día
Filtración		
Pulpa tratada enzimáticamente	846,9 kg/día	1420,2 kg/día
Torta de filtrado	38,6 kg/día	41,78 kg/día
Acondicionamiento		
Pulpa filtrada	808,3 kg/día	1378,44 kg/día
Adición de maltodextrina	145,5 kg/día	153,12 kg/día
Adición de agua destilada	258,6 kg/día	----------
Pulpa acondicionada a 10 ºC	1 212,5 kg/día	1 531,56 kg/día
Secado por aspersión		
Pulpa que entra al secador	1 212,5 kg/día	1 531,56 kg/día
Pulpa seca	300 kg/día	300 kg/día
Aire de entrada al secador	21 415 kg/día	28 778 kg/día

5.3.PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

En la Tabla 5.2 se muestra la duración de las actividades propuestas a realizarse en la producción de encapsulados de beta-carotenos, los tiempos de duración son tiempos aproximados, el cálculo para la obtención de la capacidad de los equipos se detallan en el Anexo V. Para el tratamiento enzimático se consideró un proceso Batch, asumiendo que por lote se van a emplear 50 minutos, durante la operación se emplearán 6 lotes.

Tabla 5.2 Actividades a realizarse en la planta y su duración

Operación	Capacidad del equipo	Unidad			
		Mango		Melón	
		Flujo (kg/día)	Duración (min)	Flujo (kg/día)	Duración (min)
Recepción de la fruta	1 015 kg	1 548	130	2.537	150
Limpieza	757 kg	1 542	180	2 524	200
Desinfección	757 kg	1 542	180	2 524	200
Clasificación por maduración	2 524 kg	1 542	180	2 524	60
Pelado	757 kg	0	0	2 019	200
Despulpado	261 kg/h	1 234	290	1 459	290
Tratamiento enzimático	Batch (6) 237 kg	847	300	1 419	300
Filtración	190 kg/h	847	450	1 419	450
Acondicionamiento	197 kg/h	808	420	1 378	420

Tabla 5.2 Actividades a realizarse en la planta y su duración (continuación)

Operación	Capacidad del equipo	Unidad			
		Mango		Melón	
		Flujo (kg/día)	Duración (min)	Flujo (kg/día)	Duración (min)
Secado por aspersión	128 kg/h	1 213	720	1 532	720
Empaque	100 kg/h	1 213	173	1 532	173

5.3.1. HORARIO DE ACTIVIDADES A REALIZAR EN PLANTA

Para aumentar la rentabilidad de la planta de micro-encapsulados se debe maximizar la operación del principal equipo de la planta, el secador por aspersión, mismo que operará 12 horas al día, mientras se da la operación de secado por aspersión los operarios van almacenando el polvo seco en graneles, para posteriormente empacar y embalar el producto, las operaciones de recepción de la fruta hasta el despulpado de la misma es un proceso continuo que comienza a las 7 am, los horarios de las actividades de la planta se encuentran detalladas en la Tabla 5.3 para los meses de Abril a Septiembre en la producción de encapsulados de beta-carotenos de mango, y en la Tabla 5.4 correspondientes a la producción encapsulados de pulpa de melón para los meses de Octubre a Marzo.

Tabla 5.3 Horario de actividades a realizar en la planta para los meses de Abril a Septiembre, procesamiento de mango.

	Actividad	MANGO	
		INICIO	FINAL
1	Recepción de la fruta	7:00	9:10
2	Limpieza	8:00	11:00
3	Desinfección	8:10	11:10
4	Clasificación	8:30	11:30
5	Despulpado	9:30	16:30
6	Tratamiento enzimático	10:30	17:30
7	Filtración	11:00	18:30

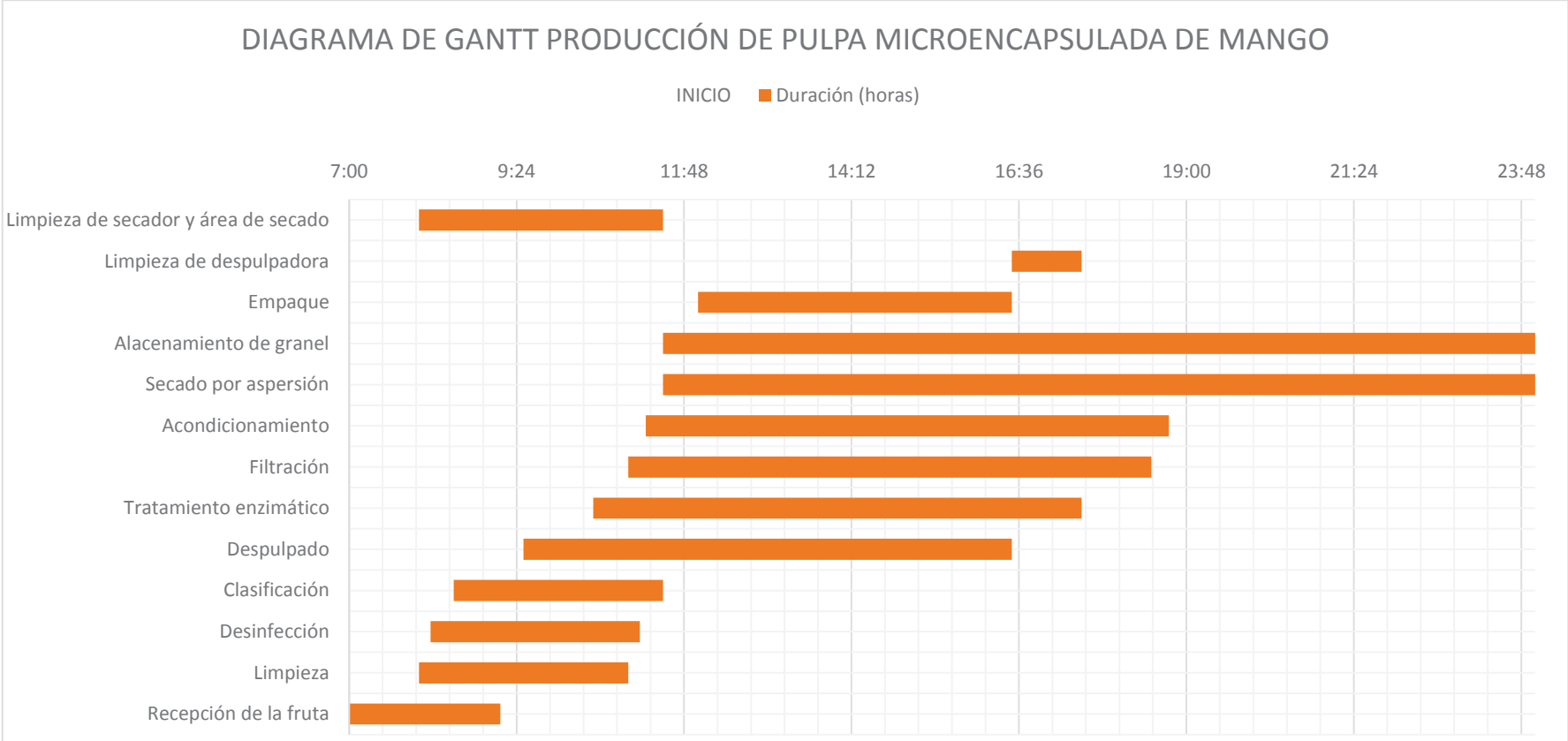
Tabla 5.3 Horario de actividades a realizar en la planta para los meses de Abril a Septiembre, procesamiento de mango (continuación)

	Actividad	MANGO	
		INICIO	FINAL
8	Acondicionamiento	11:15	18:45
9	Secado por aspersión	11:30	24:00
10	Almacenamiento de granel	11:30	24:00
11	Empaque	12:00	16:30
12	Limpieza de despulpadora DP-101	16:30	17:30
13	Limpieza profunda de secador SP-101 y área de secado	8:00	11:30

Tabla 5.4 Horario de actividades a realizar en la planta para los meses de Octubre a Marzo, procesamiento de melón.

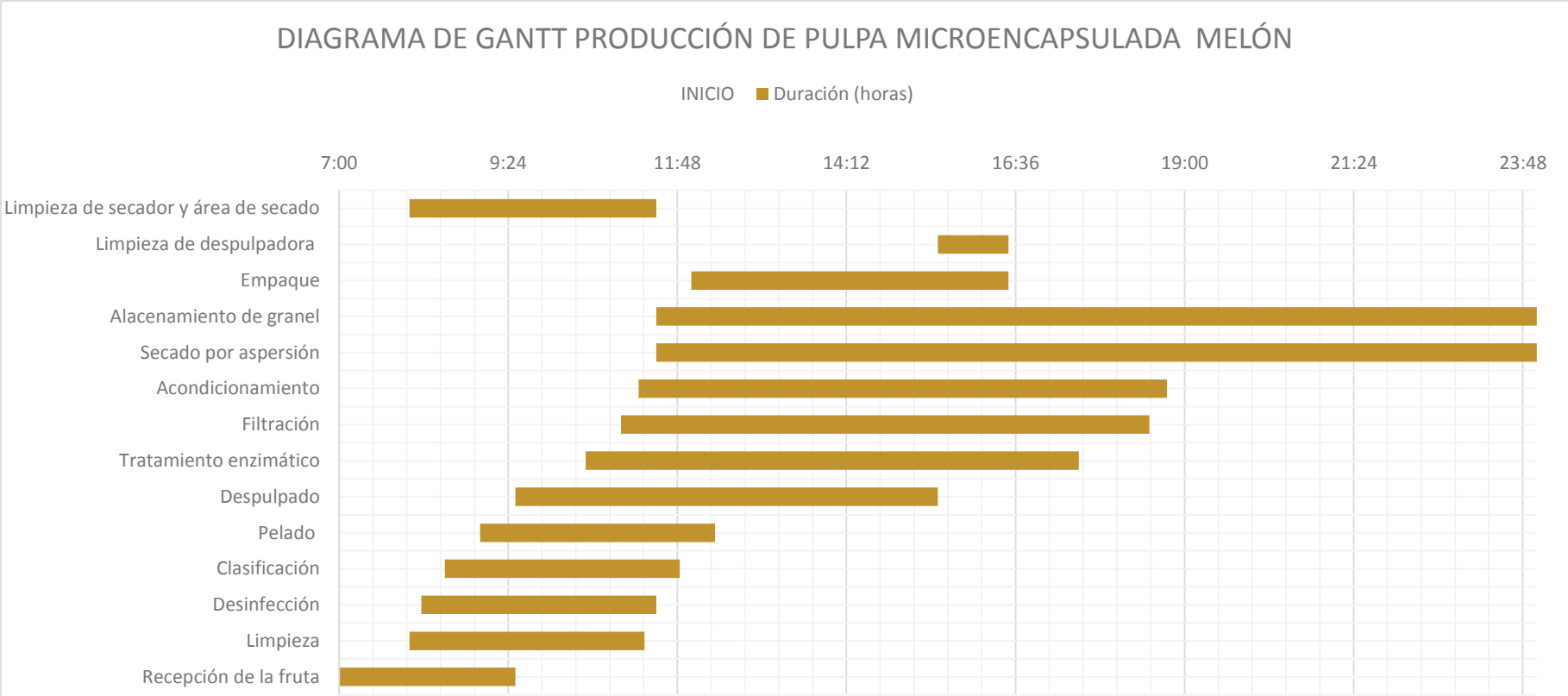
Actividad		MELÓN	
		INICIO	FINAL
1	Recepción de la fruta	7:00	9:30
2	Limpieza	8:00	11:20
3	Desinfección	8:10	11:30
4	Clasificación	8:30	11:50
5	Pelado	9:00	12:20
6	Despulpado	9:30	15:30
7	Tratamiento enzimático	10:30	17:30
8	Filtración	11:00	18:30
9	Acondicionamiento	11:15	18:45
10	Secado por aspersión	11:30	24:00
11	Almacenamiento de granel	11:30	24:00
12	Empaque	12:00	16:30
13	Limpieza de despulpadora DP-101	15:30	16:30
14	Limpieza profunda de secador SP-101 y área de secado	8:00	11:30

Para tener una visión más dinámica de las actividades a realizarse en la planta se proponen los respectivos diagramas de Gantt propuestos en las Figuras 5.4 y 5.5, el diagrama de Gantt en una herramienta para el análisis de proyectos, en el que se representa mediante barras la duración de cada actividad dentro del proceso analizado (Cadenas, 2009, p.2).



	Recepción de la fruta	Limpieza	Desinfección	Clasificación	Despulpado	Tratamiento enzimático	Filtración	Acondicionamiento	Secado por aspersión	Alacenamiento de granel	Empaque	Limpieza de despulpadora	Limpieza de secador y área de secado
INICIO	7:00	8:00	8:10	8:30	9:30	10:30	11:00	11:15	11:30	11:30	12:00	16:30	8:00
Duración (horas)	2:10	3:00	3:00	3:00	7:00	7:00	7:30	7:30	12:30	12:30	4:30	1:00	3:30

Figura 5.4 Diagrama de Gantt de las actividades propuestas para la producción de encapsulados de beta-carotenos de mango para los meses de Octubre a Marzo



	Recepción de la fruta	Limpieza	Desinfección	Clasificación	Pelado	Despulpado	Tratamiento enzimático	Filtración	Acondicionamiento	Secado por aspersión	Alacenamiento de granel	Empaque	Limpieza de despulpadora	Limpieza de secador y área de secado
INICIO	7:00	8:00	8:10	8:30	9:00	9:30	10:30	11:00	11:15	11:30	11:30	12:00	15:30	8:00
Duración (horas)	2:30	3:20	3:20	3:20	3:20	6:00	7:00	7:30	7:30	12:30	12:30	4:30	1:00	3:30

Figura 5.5 Diagrama de Gantt de las actividades propuestas para la producción de encapsulados de beta-carotenos de melón para los meses de Octubre a Marzo.

5.3.2. ACTIVIDADES DE LOS OPERARIOS

En la planta van a trabajar 8 operarios y 2 supervisores, en 2 turnos de trabajo. En el primer turno trabajarán 6 operarios y 1 supervisor, en un segundo turno trabajaran 2 operarios y 1 supervisor, en la Tabla 5.5 y Tabla 5.6 se detallan las actividades de cada operario de la planta, cada operario cumplirá con un horario de actividades de 8 horas diarias, y un receso de 30 minutos para el almuerzo, por lo que sus actividades han sido calculadas incluidas sus horarios de almuerzo.

Tabla 5.5 Horario de actividades de cada operario para la producción de encapsulados de beta-carotenos de mango durante los meses de Octubre a Marzo.

ACTIVIDAD	INICIO	FIN	TOTAL (horas)
Operario 1			
Recepción de la fruta	7:00	9:10	8h30min
Limpieza	9:10	11:00	
Acondicionamiento	11:00	15:30	
Operario 2			
Recepción de la fruta	7:00	9:10	8h30min
Despulpado	9:30	15:30	
Operario 3			
Limpieza	8:00	11:00	8h30min
Acondicionamiento	11:15	16:30	
Filtración	11:15	16:30	
Operario 4			
Desinfección	8:10	11:10	8h30min
Empaque	11:30	16:40	
Operario 5			
Clasificación	8:30	11:30	8h30min
Almacenamiento de graneles	11:30	17:00	
Operario 6			
Limpieza de despulpadora DP-101	16:00	17:30	8h30min
Secado	18:00	24:30	
Operario 7			
Limpieza profunda de secador y área de secado	8:00	11:30	8h30min
Almacenamiento de granel	11:30	16:30	
Secado por aspersión	11:30	16:30	

Tabla 5.5 Horario de actividades de cada operario para la producción de encapsulados de beta-carotenos de mango durante los meses de Octubre a Marzo (continuación)

Operario 8			TOTAL (horas)
Secado por aspersión	16:00	24:30	8h30min
Almacenamiento de granel	16:00	24:30	
Supervisor 1			
Toda la planta	8:00	16:30	8h30min
Supervisor 2			
Toda la planta	16:00	24:30	8h30min

Tabla 5.6 Horario de actividades de cada operario para la producción de encapsulados de beta-carotenos de melón durante los meses de Abril a Septiembre

ACTIVIDAD	INICIO	FIN	TOTAL (horas)
Operario 1			
Recepción de la fruta	7:00	9:30	8h30min
Pelado	9:30	12:20	
Acondicionamiento	12:20	15:30	
Operario 2			
Recepción de la fruta	7:00	9:30	8h30min
Despulpado	9:30	15:30	
Operario 3			
Limpieza	8:00	11:20	8h30min
Acondicionamiento	11:15	16:30	
Filtración	11:15	16:30	
Operario 4			
Desinfección	8:10	11:30	8h30min
Empaque	11:30	16:40	
Operario 5			
Clasificación	8:30	11:30	8h30min
Almacenamiento de granel	11:30	17:00	
Operario 6			
Limpieza de despulpadora	16:00	17:30	8h30min
Secado	18:00	24:30	

Tabla 5.6 Horario de actividades de cada operario para la producción de encapsulados de beta-carotenos de melón durante los meses de Abril a Septiembre (continuación)

Operario 7			TOTAL (horas)
Limpieza profunda de secador y área de secado	8:00	11:30	8h30min
Almacenamiento de granel	11:30	16:30	
Secado por aspersión	11:30	16:30	
Operario 8			
Secado por aspersión	16:00	24:00	8h30min
Almacenamiento de granel	16:00	24:30	
Supervisor 1			
Supervisión de toda la planta	8:00	16:30	8h30min
Supervisor 2			
Supervisión de toda la planta	16:00	24:30	8h30min

5.4. SIMULACIÓN DEL SECADO POR ASPERSIÓN

Se realizó una simulación del secado por aspersión tanto para mango como para melón. Para simular el proceso de secado por aspersión bajo el entorno de Super Pro Designer, se partió de las siguientes premisas:

- La relación del aire a la entrada y la evaporación se extrajo de la Tabla AIII.2 proveniente del cálculo para los flujos de aire seco, aire húmedo y temperatura de salida para cada uno de los casos de estudio: mango y melón.
- Se consideró una composición de 33,33% en base seca de cada componente (ceniza, azúcar y fibra soluble considerada como pectina), considerando para cada caso la humedad de cada pulpa.

- La temperatura del aire se fijó en 180°C, la temperatura de entrada de la pulpa en 25 °C, la temperatura de los productos a la salida se especificó en 78,5 °C según el criterio de Solval et. al., 2012.

Los resultados se compararon con los resultados provenientes de los balances de masa y se pueden observar en la Tabla 5.7. El detalle de la simulación, se encuentra en el Anexo IV.

Tabla 5.7. Resultados de la simulación del secado por aspersión

Propiedad	Unidad	Valor Caso mango	Valor Caso melón
Entrada de aire húmedo calculado por la simulación	kg/h	2 401,58	1 784,67
Entrada de aire húmedo calculado por balances de masa.	kg/h	2 399,76	1 784,64
% Desviación	%	0,08	0,02
Temperatura entrada aire	° C	180	
Temperatura de producto seco	° C	78,5	
Humedad relativa del aire a la salida del secador.	%	4,17	4,16

5.5. DISEÑO DEL SECADOR POR ASPERSIÓN

Una vez validados los balances de masa y energía del secado por aspersión mediante la simulación en SuperPro Designer se procedió dimensionar el secador por aspersión según el procedimiento de cálculo detallado en el Anexo V.12.

Los criterios que se tomaron en cuenta para diseñar el secador por aspersión fueron los requeridos para secar la pulpa de melón, pues al contener mayor cantidad de humedad para eliminar, el equipo que se diseñó secará sin problemas la pulpa de mango. El secador por aspersión SP-101, operará a una tasa de evaporación de

agua de 3-4 L/min, produciendo 20 a 30 kg/h de pulpa deshidratada (González, 2015, p.182).

Para el diseño del secador por aspersión se manejó una cámara de secado en contracorriente, con atomizadores rotatorios, un ciclón cónico de entrada tangencial, una bomba de alimentación con una eficiencia del 70%, y un calentador de aire eléctrico. (Ibarz, 2005, p. 611-612). Los resultados del dimensionamiento del equipo se pueden observar en la Tabla 5.8.

Tabla 5.8. Dimensiones del Secador por Aspersión

Capacidad	150 Kg/h evaporación
Geometría	Cilíndrica-Cónica
Volumen de la cámara de secado	20 m^3
Diámetro sección cilíndrica	2,52 m
Altura sección cilíndrica	4 m
Diámetro inferior sección cónica	0,252 m
Altura sección cónica	2,99 m
Temperatura de secado	180 °C
Material de construcción	Acero inoxidable 316

También se pueden observar los parámetros de diseño concernientes al dimensionamiento del filtro ciclón en la Tabla 5.9, para facilitar la interpretación de las dimensiones del filtro ciclón se puede utilizar la Figura 5.6 en donde se detallan sus secciones.

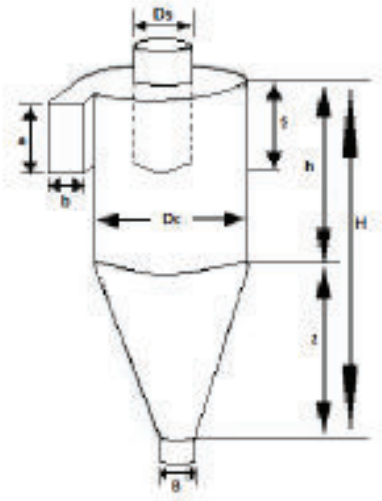


Figura 5.6. Dimensiones del filtro ciclón

(Muñoz, 2015)

Tabla 5.9. Dimensiones del filtro ciclón

Dimensión	Símbolo	Valor
Diámetro del cuerpo del ciclón	Dc	0,62 m
Ancho de conducto de entrada	b	0,12 m
Altura del conducto de entrada	a	0,31 m
Diámetro de salida del gas	Ds	0,31 m
Altura del ciclón	H	2,48 m
Longitud del cuerpo	h	0,93 m
Longitud del cono	z	1,55 m
Diámetro del segmento de salida del polvo	B	0,233 m
Material de construcción	Acero inoxidable 316	

5.6. DIMENSIONAMIENTO Y ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS PROPUESTOS

En la Tabla 5.10 se detallan los equipos principales y secundarios en los que se ejecutarán las operaciones unitarias consideradas en las unidades de producción.

Tabla 5.10. Lista de operaciones, equipos principales y secundarios del proceso

Proceso	Operaciones	Equipos Principales	Equipos Secundarios
Preparación de fruta y despulpado	Recepción de la fruta Limpieza Desinfección Clasificación Pelado Despulpado	Drencher (DR-101) Despulpador (DP-101)	Banda Transportadora (BT-101) Pozo de inmersión (PZ-101) Banda Transportadora (BT-102) Cuarto frío Cuarto de maduración
Micro-encapsulación mediante Secado por Aspersión	Tratamiento enzimático Filtración Acondicionamiento Secado por aspersión Almacenamiento de graneles Empaque	Filtro de tambor rotatorio (FIL-101) Reactor Agitado (R-101) Spray Dryer (SP-101)	Bomba peristáltica (P-101) Reactor móvil (RP-101) Reactor móvil (RP-102) Bomba peristáltica (P-102) Bomba peristáltica (P-103) Tanque de Almacenamiento (TK-101) Calentador de Aire (CA-101)

5.6.1. SELECCIÓN DE LAS BANDAS TRANSPORTADORAS

Para la capacidad requerida en la sección de recepción y transporte inicial, se seleccionó una banda transportadora con una capacidad de procesamiento de 1 Ton/h. Las dimensiones y los parámetros del equipo pueden observarse en la Tabla 5.11.

Tabla 5.11 Dimensiones de las bandas transportadoras.

Capacidad	1 Ton/h
Dimensiones	0,60 x 1,80 m
Número de equipos	2

5.6.2. SELECCIÓN DEL DRENCHER DE LIMPIEZA DR-101

Un drencher de limpieza o duchador continuo de fruta es un equipo que se utiliza en la pos-cosecha de fruta a nivel industrial, se compone de cadenas que hacen pasar canastas llenas de fruta por una cabina con aplicadores estáticos que atomizan algún tipo de líquido de limpieza, debajo de estas cadenas se encuentra un decantador del líquido sobrante. Las canastas una vez terminada la ducha son conducidas hasta un decantador que las vuelca a un ángulo cercano a 45 grados donde se escurre el agua residual, para ser dispuestas por el operario al final de la línea (Tecnovil, 2018, p.1).

El procedimiento de cálculo puede observarse en el Anexo V.1. Las dimensiones y los parámetros del equipo pueden observarse en la Tabla 5.12.

Tabla 5.12 Dimensiones del Drencher de Limpieza DR-101

Capacidad	1 Ton/h
Dimensiones	1,63 x 2,30 x 0,50 m
Altura total	1,63 m
Altura de la banda de cadenas	1,10 m
Altura de la cabina	0,53 m
Largo de la cabina	1,00 m
Largo total	2,30 m
Ancho total	0,50 m
Potencia	1,49 kW
Material de construcción	Acero inoxidable 316

5.6.3. SELECCIÓN DEL POZO DE INMERSIÓN PZ-101

Se diseñó un pozo de inmersión para procesar 757 kg/h de fruta, con una geometría de tronco de pirámide, se diseñó un pozo de fácil drenaje, los cálculos se encuentran en el Anexo AV.2 y las dimensiones se detallan la Tabla 5.13.

Tabla 5.13 Dimensiones del pozo de inmersión PZ-101

Capacidad	757 g/h
Altura total	1,10 m
Altura del agua	0,30 m
Largo total (base mayor)	5,05 m
Largo total (base menor)	4,75 m
Ancho total	0,60 m
Espacio entre piso y base	0,60 m
Material de construcción	Acero inoxidable 316

5.6.4. DISEÑO DEL CUARTO DE REFRIGERACIÓN

Para el diseño del cuarto frío se calculó la carga de refrigeración necesaria para enfriar 10 100 kg de fruta y mantenerlas frias durante 5 días, la temperatura de refrigeración fue de 10 ºC (National Mango Board, 2018, p.6).

Se calculó las dimensiones del cuarto frío en base a la cantidad de fruta a almacenarse en canastas dispuestos en anaqueles, con una carga de 10 100 kg de fruta que entra a refrigeración a temperatura ambiente de 28 ºC, se tomó en cuenta la respiración de la fruta, las cargas adicionales por 2 motores eléctricos de 2 hp, la carga por la iluminación del recinto, y las cargas por 2 puertas del cuarto frío, para todos los datos se utilizó el manual de ingeniería de Bohn para el diseño de cuartos fríos (Bohn, 2005).

Las puertas del cuarto frío deben permitir su apertura desde adentro, el cuarto frío debe tener una señal luminosa activa que indique la presencia de personal dentro de la cámara (Ministerio del trabajo, 2018, p 32).

Los cálculos realizados para su dimensionamiento se encuentran detallados en el Anexo AV.11, y sus dimensiones se resumen la Tabla 5.14.

Tabla 5.14 Dimensiones del cuarto de refrigeración

Dimensiones de las paredes (largo x altura)	10 x 3 m
Dimensiones del techo y piso (largo x ancho)	10 x 10 m
Capacidad	302,8 m^3 (10700 ft^3)
Ancho de las paredes y techo	0,2 m
Material del piso	Concreto
Espesor del piso	0,30 m
Material de construcción	Lana de vidrio + lámina de acero
Energía requerida	16,3 kW (55617 Btu/h)

5.6.5. DIMENSIONAMIENTO DEL CUARTO DE MADURACIÓN

Para el diseño de un cuarto de maduración se utilizará como referencia el mango, el cuarto de maduración debe permitir el acceso de 5 049 kg/día de fruta y albergarlos por 10 días , asegurando condiciones de humedad relativa del 90%, un flujo de aire constante y temperatura de 15 ºC (INFRA, 2015, p.2).

La fruta se almacenará en canastas que apilan 18 kg de fruta cada una. En el cuarto de maduración debe existir un flujo de aire uniforme. Los cálculos realizados para

su dimensionamiento se encuentran detallados en el Anexo AV.11, y sus dimensiones se resumen en la Tabla 5.15.

Tabla 5.15 Dimensiones del cuarto de maduración

Dimensiones de las paredes (largo x altura)	7 x 3 m
Dimensiones del techo y piso (largo x ancho)	7 x 7 m
Capacidad	152,8 m^3 (5400 ft^3)
Ancho de las paredes y techo	0,2 m
Material del piso	Concreto
Espesor del piso	0,30 m
Material de construcción	Lana de vidrio + lámina de acero
Energía requerida	6,8 kW (23122 Btu/h)

5.6.6. DIMENSIONAMIENTO DE LA DESPULPADORA DP-101

Se optó por el diseño de un despulpador mecánico horizontal de tambor, de acuerdo a las características de las frutas a despulpar, además de la versatilidad que posee este equipo para procesar todo tipo de frutas en escala industrial, el funcionamiento de la despulpadora horizontal se basa en la fuerza centrífuga de sus aspas que unidas a un eje arrastran la fruta hacia un tamiz logrando que en su interior queden los residuos como las semillas, la cáscara y la fibra, lo que pasa a través del tamiz es la pulpa de la fruta, misma que se recoge en la carcasa del despulpador y se deposita en recipientes en la parte inferior del equipo (Tirira, 2014).

De acuerdo a la planificación de la producción se dimensionó una despulpadora que opera 5 horas al día, con una capacidad para procesar 260 kg/h además de procesar mango y melón también puede procesar otras frutas, el material del equipo

es de acero inoxidable para alimentos, los detalles del cálculo realizado para su dimensionamiento se encuentran en el Anexo AV.3, y sus dimensiones se resumen en la Tabla 5.16.

Para el diseño del despulpador se tomó como principal fuente el documento de diseño y construcción de una despulpadora de frutas de Lenin Tirira, 2014 y se dimensionó la tolva de ingreso de la fruta, las cuchillas de corte, la potencia requerida por el equipo, y el tamaño del tamiz a utilizar.

Tabla 5.16 Dimensiones de la Despulpadora DP-101

Capacidad	260 kg/h
Dimensiones	1,10 x 2,30 x 0,50 m
Altura total	1,45 m
Largo total	1,00 m
Ancho total	0,40 m
Diámetro del tambor	0,40 m
Potencia	1,82 kW
Material de construcción	Acero inoxidable 316

5.6.7. DISEÑO DEL FILTRO DE TAMBOR ROTATORIO FIL-101

Se diseñó un filtro de tambor rotatorio con un tamaño de malla de 60 µm, con una capacidad para filtrar 118 kg/h de pulpa de fruta, en la Tabla 5.17 se detalla las dimensiones del equipo y en el Anexo V.4 se detallan los cálculos realizados para la obtención de la misma.

Se tomó en cuenta la concentración de sólidos en la pulpa de mango (12 ºBrix), en cuanto a la viscosidad inicial de la pulpa se utilizó como dato el encontrado por (Quintero, 2012) de 477,6 mPa.s, se asumió una caída de presión de 300 mmHg, la humedad de la torta a se estimó en 30%, un tiempo por ciclo de filtrado de 6 min,

además se estableció que el tambor rotatorio se sumerge en un 40% de la superficie total, y las partículas a retener son esféricas de 60 Um de diámetro y de 800 kg/m^3 de densidad, la resistencia del medio filtrante fue despreciada, el filtro rotará a una velocidad de giro de 1 rev/ciclo, con esto se determinará el área necesaria para filtrar, para el diseño del filtro se utilizará la Ecuación 5.3 para filtros rotatorios del libro de Operaciones Unitarias en la Ingeniería de Alimentos de Albert Ibarz (Ibarz, 2005, p. 275-285).

$$q = N * V = N * A\left[\left(C^2 * Rf^2 + \frac{2*C*(-\Delta P)}{\cap} * \frac{\emptyset}{2\pi N}\right)^{\frac{1}{2}} - CRf\right] \quad [5.3]$$

Donde:

q: Caudal de filtrado (L/min)

V: Volumen de filtrado (m3)

C: Constante para área de filtrado

∩: Constante para filtración

∅: Ángulo de inmersión

N: Velocidad de giro

A: Área filtrante total (m2)

ΔP: Caída de presión

Rf: Resistencia del medio filtrante m-1

Tabla 5.17 Dimensiones del Filtro Tambor Rotatorio F-101

Capacidad	118 kg/h
Dimensiones	1,45 x 1,00 x 0,40 m
Largo total	0,54 m
Ancho total	0,25 m
Diámetro del tambor	0,20 m
Material de construcción	Acero inoxidable 316

5.6.8. DIMENSIONAMIENTO DE REACTORES MÓVILES

De acuerdo a la planificación de la producción propuesta se requiere un tanque agitado que procese 237 kg/batch de pulpa. En esta operación se van a utilizar dos reactores que permiten alternar el tratamiento para así disminuir la exposición de la

pulpa a las condiciones de tratamiento enzimático y permitir la limpieza de los equipos a lo largo del proceso.

Para los reactores móviles se utilizó los criterios propuestos por Walas, 2010 para el diseño de tanques pequeños que se muestra en la Figura 5.7.

Capacity Gallons	Dimensions			Weight in pounds
	Diameter	Length	Thickness	
280	42"	4'–0"	$\frac{3}{16}$"	540
550	48"	6'–0"	$\frac{3}{16}$"	800
1000	48"	10'–8"	$\frac{3}{16}$"	1260
1000	64"	6'–0"	$\frac{3}{16}$"	1160
1500	64"	9'–0"	$\frac{3}{16}$"	1550
2000	64"	12'–0"	$\frac{3}{16}$"	1950
3000	64"	18'–0"	$\frac{3}{16}$"	2730
4000	64"	24'–0"	$\frac{3}{16}$"	3510

Figura 5.7. Dimensiones para tanques pequeños.
(Walas, 2010, p.622).

Los reactores y tanques que almacenan la pulpa deberán estar separados del suelo mediante estructuras sólidas, provistos de escaleras que permitan su revisión si fuera el caso (Ministerio del Trabajo, 2018, p.64).

El fondo de los reactores tendrá una forma esférica, para ayudar a descargar la pulpa de mediana viscosidad, además de asegurar una temperatura de 30 ºC, por lo que los reactores tendrán una chaqueta de calentamiento que utilizará agua a 60 ºC como fuente de calor.

Se diseñó dos reactores móviles de 520 litros de capacidad, los cálculos realizados para su dimensionamiento se encuentran detallados en el Anexo AV.6, y sus dimensiones se resumen en la Tabla 5.18.

Tabla 5.18 Dimensiones de los reactores móviles RP-101 y RP-102

Capacidad	0,52 m^3
Dimensiones	2,32 x 0,73 m
Alto total	1,67 m
Espesor	4,8 mm
Diámetro	0,80 m
Número de equipos	2
Potencia de motor	0,75 kW (1 hp)
Tipo de agitador	Helicoidal
Diámetro de aspas	0,27 m
Material de construcción	Acero inoxidable 316

5.6.9. DISEÑO DEL TANQUE AGITADO R-101

Para el tanque agitado R-101 se tomó como referencia el flujo de pulpa acondicionada de melón de 127,63 kg/h = 0,128 m^3/h, y un tiempo de contingencia de 4 horas, en este reactor se va acondicionar la pulpa de fruta recibida del proceso de filtración, mezclándola con maltodextrina y agua.

Se diseñó un tanque agitado con capacidad para mezclar 2,3 m^3 de pulpa acondicionada compuesto por un agitador y dos placas deflectoras ubicadas radialmente a lo largo de la pared del tanque, para evitar un flujo circulatorio y la formación de vórtices (Aguado, 2002, p.35).

Los cálculos realizados para su dimensionamiento se encuentran detallados en el Anexo AV.7, y sus dimensiones se detallan en la Tabla 5.19.

Para dimensionar el agitador se utilizó la Figura 5.8, donde se detallan las dimensiones estándar para los sistemas de agitación de acuerdo a la configuración (Aguado 2002, p.38).

Razón geométrica	Intervalo de valores	Valor estándar
$\frac{H_l}{D_t}$	1-3	1
$\frac{D_a}{D_t}$	$\frac{1}{4} - \frac{2}{3}$	$\frac{1}{3}$
$\frac{H_a}{D_t}$	$\frac{1}{4} - \frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$
$\frac{J}{D_a}$	~ 1	1
$\frac{J}{D_t}$	$\frac{1}{12} - \frac{1}{10}$	$\frac{1}{10}$

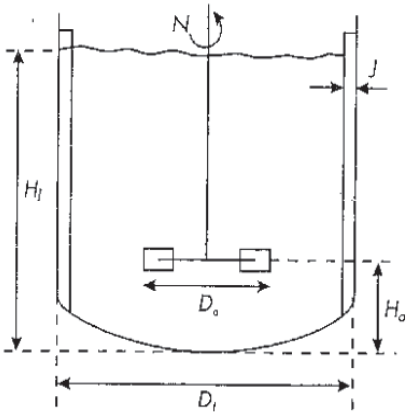


Figura 5.8. Dimensiones para un sistema de agitación

(Aguado 2002, p. 38).

Para calcular la potencia del agitador se utilizaron los datos de viscosidad de la pulpa de mango, como fluido newtoniano, con un valor de 2 419,4 cP en el caso de la pulpa antes del tratamiento enzimático y con un valor de 650 cP posterior al tratamiento (Quintero, 2012, p.4).

Tabla 5.19 Dimensiones del tanque agitado R-101

Capacidad especificada	2,30 m^3
Dimensiones	2,32 x 0,73 m
Alto total	1,80 m
Diámetro del tanque	1,06 m
Potencia de motor	2,4 kW (3,2 hp)
Tipo de agitador	Hélices (3)
Diámetro de aspas	0,265 m
Material de construcción	Acero inoxidable 316

5.6.10. DIMENSIONAMIENTO DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO TK-101

Se diseñó un tanque de almacenamiento con una capacidad para almacenar 1,24 m^3 de pulpa acondicionada, los cálculos realizados para su dimensionamiento se encuentran detallados en el Anexo AV.5, y sus dimensiones en la Tabla 5.20.

Los tanques que usualmente se utilizan en el procesamiento de pulpas son tanques verticales, con una geometría cilíndrica, y el material recomendado para su diseño es el acero inoxidable 316 (Saravacos, 2016, p.105).

La relación entre la altura del tanque y su diámetro interno en el caso de tanques atmosféricos pequeños y medianos será de H/Di = 2. Se tomará en cuenta un factor de seguridad del 10 %. El tiempo de contingencia del tanque será de 8 horas.

Tabla 5.20 Dimensiones del Tanque de Almacenamiento TK-101

Capacidad requerida	1,24 m^3
Capacidad especificada	1,24 m^3
Dimensiones	2,32 x 0,73 m
Alto total	2,32 m
Espesor	4,8 mm
Diámetro	0,73 m
Refrigeración requerida	2,78 kW
Material de construcción	Acero inoxidable 316

5.6.11. SELECCIÓN DE ACCESORIOS Y TUBERÍAS

Las consideraciones tomadas para la selección de los accesorios y tuberías para la planta de encapsulados se detallan en el Anexo AV.9, y en la Tabla 5.21 se resumen sus dimensiones y características.

Tabla 5.21 Accesorios considerados para los procesos

Proceso	Accesorios	Dimensiones	Material
Transporte de fluido de RP-101 hacia TK-102	Codos de 90º Válvula diafragma Tubería	2 plg 2 plg D= 2plg ; E= 1,65mm	Acero inoxidable AISI 304. PVC grado alimenticio Acero inoxidable AISI 304.
Transporte de fluido de TK-101 hacia R-101	Codos de 90º Válvula de diafragma Tubería	2 plg 2 plg D= 2plg ; E= 1,65mm	Acero inoxidable AISI 304. Neopreno Acero inoxidable AISI 304.
Transporte de fluido de R-101 hacia SP-101	Codos de 90º Válvula diafragma Tubería	2 plg 2 plg D= 2plg ; E= 1,65mm	Acero inoxidable AISI 304. Neopreno Acero inoxidable AISI 304.

5.6.12. DIMENSIONAMIENTO DE LAS BOMBAS PERISTÁLTICAS

Se dimensionaron las bombas peristálticas para trasportar la pulpa de fruta con diferentes viscosidades, los cálculos realizados para su dimensionamiento se encuentran detallados en el Anexo AV.10, y sus dimensiones se presentan a continuación en la Tabla 5.22.

Tabla 5.22 Dimensiones de las bombas peristálticas

Capacidad	0,37 kW (0,50 hp)
Altura de impulsión	7 m
Caudal de diseño	20 L/min
Viscosidad máxima	4 Pa·s (4000 cP)
RPM	206 rpm
Número de equipos	3

5.7. BALANCE DE ENERGÍA

Se realizó en balance energético en el secado por aspersión y en las otras operaciones que se realizarán en la planta, se tomó únicamente el valor requerido por cada equipo principal, en la Tabla 5.23 se presentan los valores calculados. Los detalles de los cálculos se encuentran en el Anexo V y en el Anexo VI.

Tabla 5.23. Balance de energía y consumo de servicios industriales anuales

Equipo	Consumo	Servicio	Horas totales anuales de consumo (h)	Consumo Total (kw/h)
Drencher de limpieza	1,5 kW	Electricidad	3 000	4 500
Despulpadora	1,8 kW	Electricidad	3 000	5 400
Agitador R-101	4,31 kW	Electricidad	3 000	12 930
Agitador RP-101	0,67 kW	Electricidad	3 000	2 010
Bombas	1 kW	Electricidad	3 000	3 000
Cuarto frio	16,3 kW	Electricidad	3 000	48 900
Cuarto maduración	6,8 kW	Electricidad	3 000	20 400
Secador por aspersión	250 kW	Electricidad	3 000	750 000
Total consumo electricidad (kWh)				**847 140**
Enfriador de aire	2,78 kW	Refrigeración de bajo nivel (5 °C)	3 000	30
TK-101	123,33 kW		3 000	1 332
Total servicio de refrigeración bajo nivel (GJ)				**1 362**

5.8. DISPOSICIÓN EN PLANTA (LAYOUT)

Se diseñó una disposición en planta tomando en cuenta una correcta operación de todos los procesos, asegurar la inocuidad de los productos, garantizar la viabilidad

económica y planificar futuras expansiones. Por tal motivo se agrupó las operaciones de la planta de acuerdo a zonas, se realizó un análisis de proximidad de las mismas, se calculó las superficies requeridas para cada zona, y se realizó un diseño higiénico (Saravacos, 2016, p.7).

5.8.1. AGRUPACIÓN POR ZONAS Y ANÁLISIS DE PROXIMIDAD

Una vez determinado el producto, la cantidad de producto a elaborar, las operaciones requeridas para su producción, y los tiempos que se estima para cada operación se procedió a elaborar un diagrama de flujo donde se detalla el nivel de sensibilidad de cada operación, la Figura 5.9 muestra este diagrama.

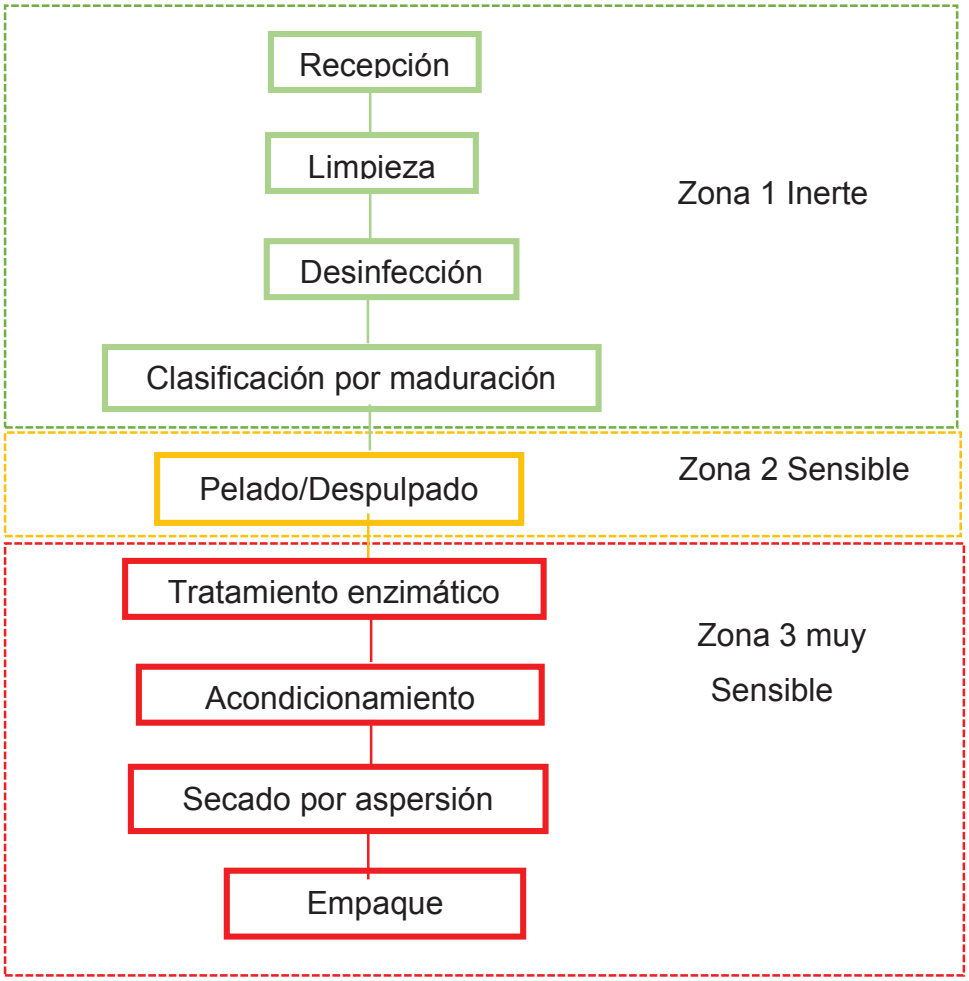


Figura 5.9. Diagrama de flujo agrupado por zonas

En la Figura 5.9 se puede observar que se han determinado tres zonas en el proceso, dependiendo de su nivel de sensibilidad hacia riesgos o peligros de contaminación, por lo cual la zona inerte correspondiente a recepción, limpieza, desinfección y clasificación de la fruta se ha considerado una zona con bajo riesgo de contaminación, por tanto, las consideraciones higiénicas de la zona inerte serán las más necesarias.

La zona sensible, correspondiente al despulpado se la ha considerado como una zona con riesgos de contaminación por tanto las condiciones higiénicas en esta zona serán estrictas y adecuadamente monitoreada.

La zona muy sensible correspondiente a las operaciones de tratamiento enzimático, acondicionamiento, secado por aspersión y empaque tendrá un cuidado y monitoreo especial para asegurar un producto inocuo, las condiciones asépticas para esta zona son más estrictas y se requiere un nivel técnico para operar los equipos.

Una vez determinadas las zonas sensibles hay que analizar las relaciones de proximidad entre estas zonas y servicios auxiliares de producción, por lo cual se realizó un diagrama de proximidad entre las zonas de la planta como se lo muestra en la Figura 5.10.

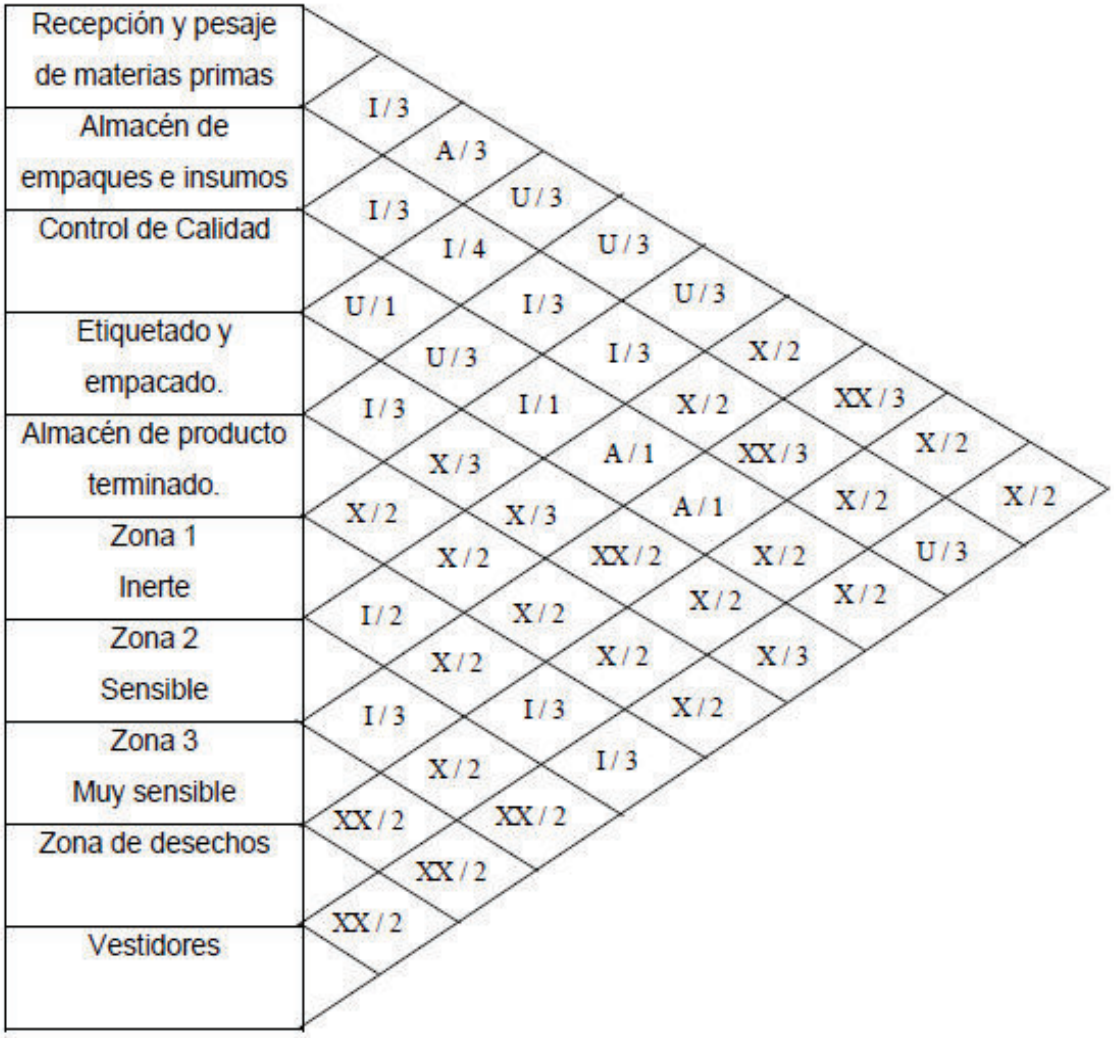


Figura 5.10 Diagrama de proximidad entre zonas y servicios auxiliares

Códigos de cercanía

A: Absolutamente necesario

I: Importante

U: Sin importancia

X: Indeseable

XX: Muy indeseable

Códigos de Motivos

1: Por control

2: Por higiene

3: Por proceso

4: Por conveniencia

5: Por seguridad

5.8.2 DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Una correcta distribución en planta brinda condiciones de trabajo adecuadas, asegura una operación económica, mantiene las condiciones de inocuidad del producto, y proporciona bienestar para todos sus colaboradores (Urbina, 2010 p.97).

Los principales criterios para el diseño de la distribución en planta fueron la mínima distancia de recorrido para la operación de los procesos, la utilización del máximo espacio, la seguridad y bienestar para el trabajador (Urbina, 2010 p.98).

Las áreas de la planta son las siguientes:

R: Área de recepción y descarga de fruta.
P: Área de producción
CC: Área de control de calidad
D: Área de desechos
M: Bodega de materia prima
PP: Bodega de producto terminado
T: Área de mantenimiento
A: Área administrativa
C: Comedor
V: Áreas verdes
E: Estacionamientos y guardianía
S: Sanitarios y vestidores

Para el cálculo del área necesaria de producción se calculó el área que ocupa cada equipo se sumaron 0,60 m a cada lado del equipo para su operación, y 0,45 m requeridos para la limpieza del mismo, en la Tabla AVII.1 se detallan las dimensiones que ocupan en la planta los equipos. En el Anexo VII se detallan los cálculos realizados para la determinación del área requerida para producción.

Una vez obtenida el área requerida por los equipos se multiplica por el coeficiente 1,8 que estima las necesidades previstas por servicios y vías de acceso (Vanaclocha, 2016,p. 127), de esta manera se determinó que la superficie necesaria para el área de producción fue de 618,7 m^2.

Los criterios tomados en cuenta para el cálculo de cada área se detallan en el Anexo VII, la Tabla 5.24 muestra las superficies propuestas para cada área de la planta.

Tabla 5.24. Superficies requeridas por cada área de la planta

Área	Sigla	Total m^2
Recepción y descarga de fruta	R	126
Producción	P	618,7
Control de calidad	CC	24
Desechos	D	14
Bodega de materia prima	M	44
Bodega de producto terminado	PT	82
Mantenimiento	T	70
Administrativa	A	48
Comedor	C	48
Áreas verdes	V	250
Estacionamientos y guardianía	E	280
Sanitarios y vestidores	S	43
Total		**1 647,7**

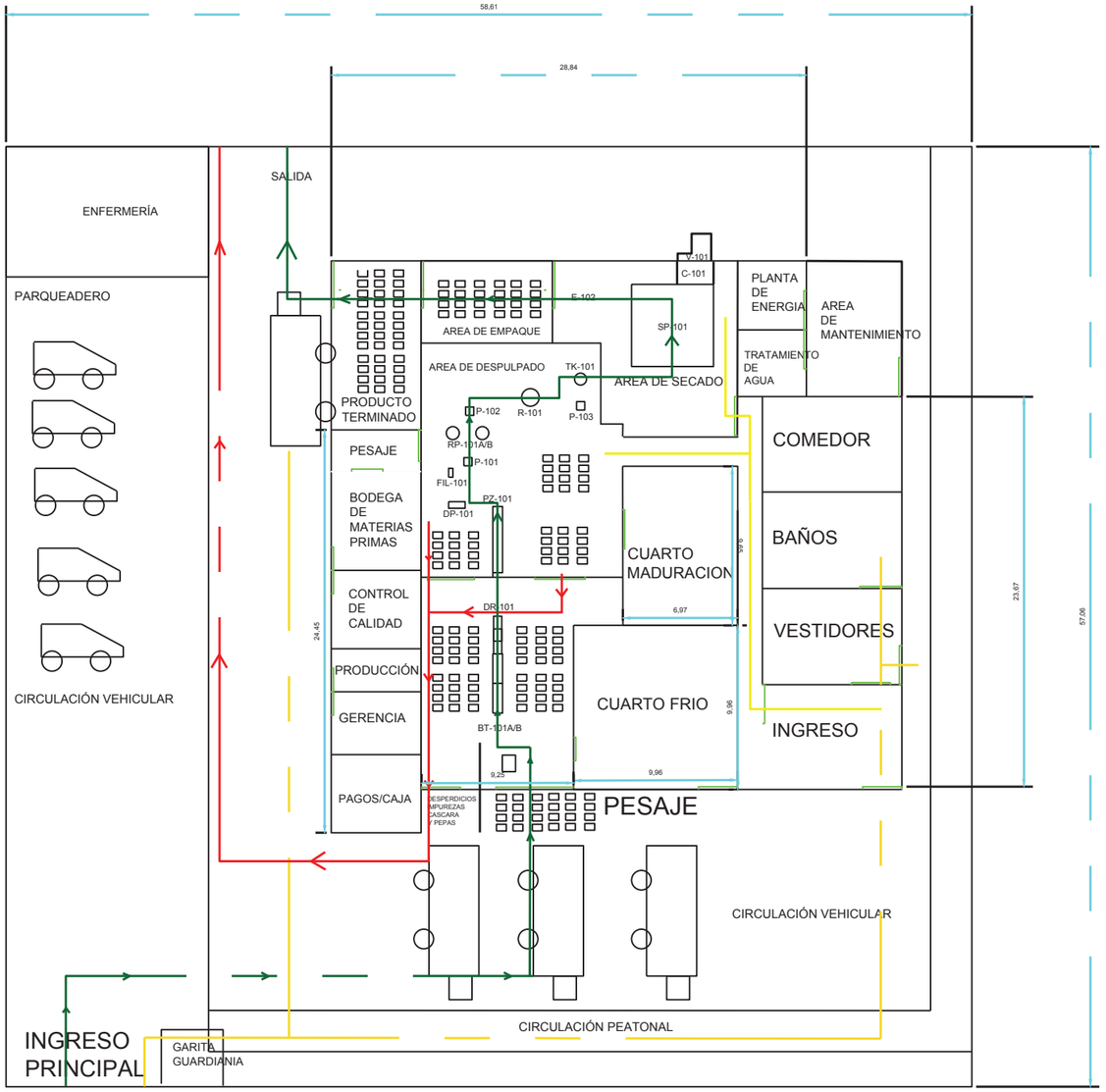
Con este cálculo se estimó las áreas mínimas que se requiere para la implementación de la planta, además se estimó que el terreno requerido para la será de 4 000 m^2, quedando un espacio de 2 353 m^2 para accesos vehiculares y futuras ampliaciones de la planta, y con estos datos se elaboró el diagrama *layout,* propuesto en la Figura 5.11.

5.8.3 DISEÑO HIGIÉNICO

Para el diseño higiénico del área de producción se detalló el material con el cual se construirá paredes y pisos, la indumentaria necesaria, y los utensilios e instrumentos que se utilizarán en cada área de la zona productiva. El diseño se lo puede observar a continuación en la Tabla 5.25.

5.8.4 DIAGRAMA DE TUBERÍAS E INSTRUMENTACIÓN (P&ID)

El diagrama de tuberías e instrumentación se diseñó únicamente de la sección de la planta donde se operará de manera continua, requerirá de tuberías y controles automáticos para su operación, por lo tanto se presenta en la Figura 5.12 un diseño que comprende desde la pulpa de fruta que se trata enzimáticamente, pasa por la filtración, acondicionamiento, y secado, para finalmente ser empacada.



FLUJO DE TRANSFORMACIÓN DEL PRODUCTO

FLUJO DE ENTRADA DE PERSONAL

FLUJO DE DESECHOS DE PRODUCCIÓN

INGENIERÍA/REGISTRO DISEÑO	FIRMA	FECHA
DIBUJANTE PABLO ROSERO		02/2019
ING. DISEÑO PABLO ROSERO		02/2019
REVISADO DRA. JENNY RUALES		02/2019

TAMAÑO: A3

ESCALA: 1:350

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

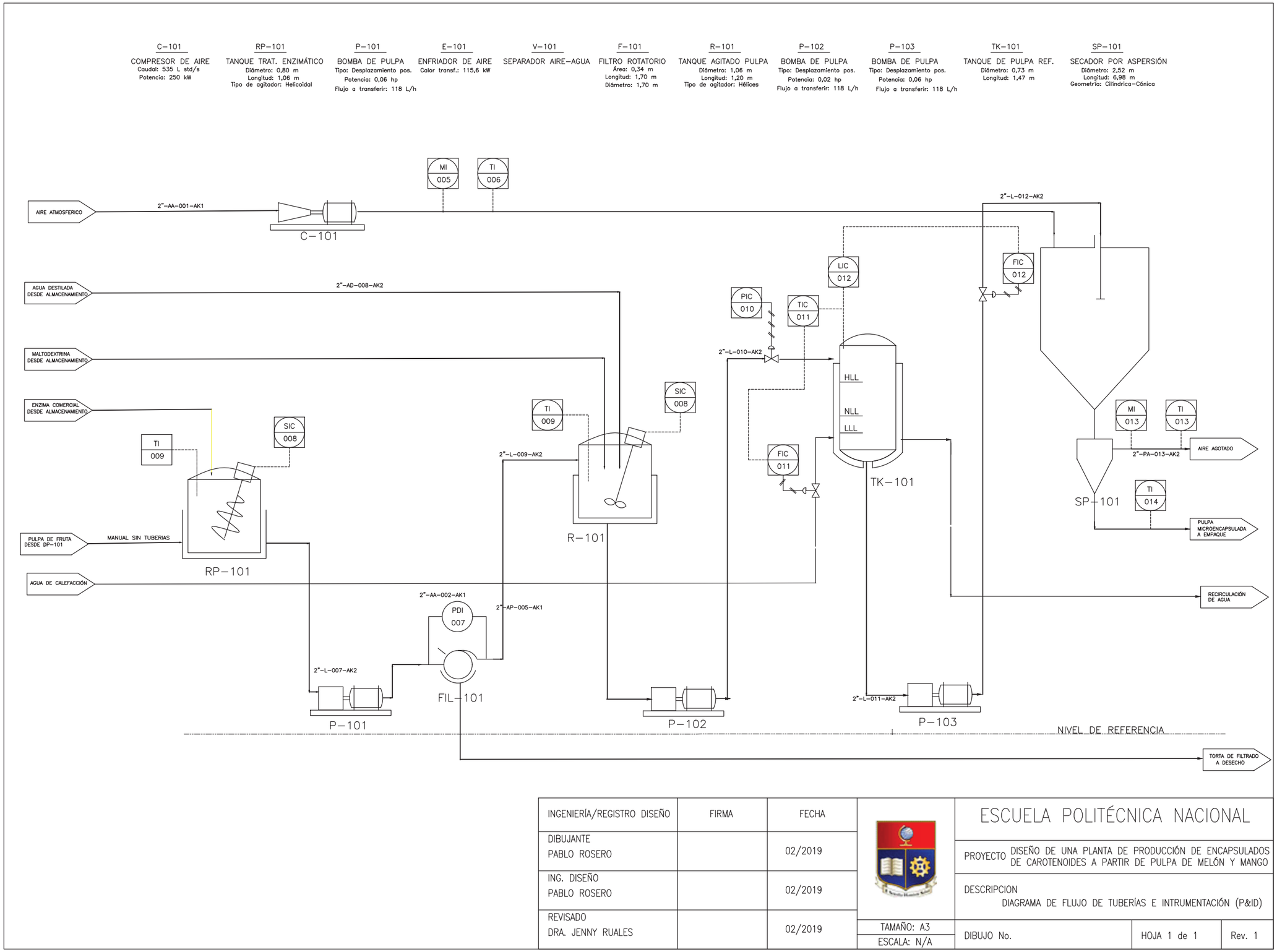
PROYECTO: DISEÑO DE UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ENCAPSULADOS DE CAROTENOIDES DE PULPA DE MELÓN Y MANGO

DESCRIPCION: PLANO DE DISTRIBUCIÓN DE ÁREAS (LAYOUT)

DIBUJO No.

HOJA 1 de 1

Figura 5.11. Diagrama de distribución de áreas y equipos.



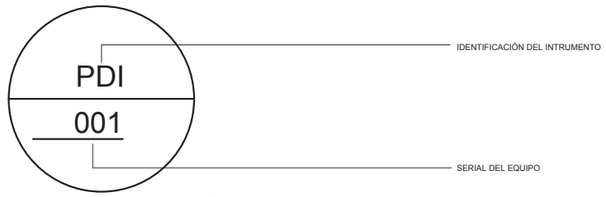
INGENIERÍA/REGISTRO DISEÑO	FIRMA	FECHA		ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL		
DIBUJANTE PABLO ROSERO		02/2019		PROYECTO DISEÑO DE UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ENCAPSULADOS DE CAROTENOIDES A PARTIR DE PULPA DE MELÓN Y MANGO		
ING. DISEÑO PABLO ROSERO		02/2019		DESCRIPCION DIAGRAMA DE FLUJO DE TUBERÍAS E INTRUMENTACIÓN (P&ID)		
REVISADO DRA. JENNY RUALES		02/2019	TAMAÑO: A3 ESCALA: N/A	DIBUJO No.	HOJA 1 de 1	Rev. 1

Figura 5.12. Diagrama de tuberías e instrumentación (P&ID) y control de la planta de producción de microencapsulados de carotenoides.

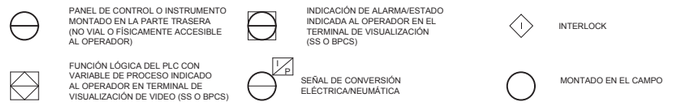
IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS

FAH	ALARMA DE FLUJO ALTA	LCV	VÁLVULA DE CONTROL DE NIVEL	PIT	TRANSMISOR INDICADOR DE PRESIÓN
FAL	ALARMA DE FLUJO BAJA	LI	INDICADOR DE NIVEL	SDV	VÁLVULA DE APAGADO (SHUTDOWN)
FCV	VÁLVULA DE CONTROL DE FLUJO	LIC	CONTROLADOR INDICADOR DE NIVEL	SDY	SOLENOIDE DE APAGADO (SHUTDOWN)
FE	ELEMENTO DE FLUJO	LIT	TRANSMISOR INDICADOR DE NIVEL	TAH	ALARMA DE TEMPERATURA ALTA
FI	INDICADOR DE FLUJO	LT	TRANSMISOR DE NIVEL	TAHH	ALARMA DE TEMPERATURA ALTA ALTA
FIC	CONTROLADOR INDICADOR DE FLUJO	LY	POSICIONADOR DE NIVEL	TAL	ALARMA DE TEMPERATURA BAJA
FIT	TRANSMISOR INDICADOR DE FLUJO	PAH	ALARMA DE PRESIÓN ALTA	TALL	ALARMA DE TEMPERATURA BAJA BAJA
FY	SEÑAL DE CONVERSIÓN	PAHH	ALARMA DE PRESIÓN ALTA ALTA	TCV	VÁLVULA DE CONTROL DE TEMPERATURA
HS	INTERRUPTOR DE MANO (PARADA DE INICIO)	PAL	ALARMA DE PRESIÓN BAJA	TI	INDICADOR DE PRESIÓN
I	INTERLOCK	PALL	ALARMA DE PRESIÓN BAJA BAJA	TIC	CONTROLADOR INDICADOR DE TEMPERATURA
LAH	ALARMA DE NIVEL ALTA	PCV	VÁLVULA DE CONTROL DE PRESIÓN	TIT	TRANSMISOR INDICADOR DE TEMPERATURA
LAHH	ALARMA DE NIVEL ALTA ALTA	PDI	INDICADOR DIFERENCIAL DE PRESIÓN	TY	POSICIONADOR DE TEMPERATURA
LAL	ALARMA DE NIVEL BAJA	PI	INDICADOR DE PRESIÓN	VSD	VARIADOR DE VELOCIDAD
LALL		PIC	CONTROLADOR INDICADOR DE PRESIÓN	XA	FALLA
				XS	ESTADO

PROCEDIMIENTO DE IDENTIFICACIÓN DE INSTRUMENTOS



SÍMBOLOS DE INSTRUMENTOS

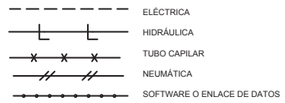


ABREVIACIONES

C	COMPRESOR DE AIRE	P	BOMBA PERISTÁLTICA	V	SEPARADOR AIRE-AGUA
E	ENFRIADOR DE AIRE	TK	TANQUE AGITADO	SP	SECADOR POR ASPERSIÓN
F	FILTRO ROTATORIO	R	REACTOR AGITADO		

SÍMBOLOS DE INSTRUMENTOS

LÍNEAS



OPERADORES DE VÁLVULA

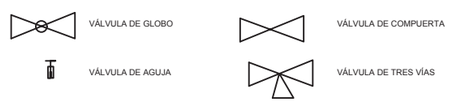
MEDIDORES

SÍMBOLOS DE TUBERÍA

LÍNEAS

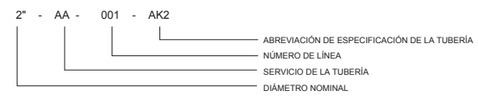
ACCESORIOS DE TUBERÍA Y ARTÍCULOS ESPECIALIZADOS

VÁLVULAS



PROCEDIMIENTO DE IDENTIFICACIÓN DE VÁLVULA

PROCEDIMIENTO DE IDENTIFICACIÓN DE LÍNEA



ESPECIFICACIÓN CLASE DE TUBERÍA

CLASE	ESPECIFICACIÓN	ABREVIACIÓN
ACERO INOXIDABLE 304 CLASE 150 PSI	SS150/304	AK3
ACERO INOXIDABLE 316 CLASE 150 PSI	SS150/316	AK2
ACERO INOXIDABLE 316 CLASE 900 PSI	SS900/316	AK1

IDENTIFICACIÓN DE SERVICIO

AA	AIRE ATMOSFÉRICO	AP	AGUA DE PROCESO
AS	AIRE SECO	L	CORRIENTE LÍQUIDA
AD	AGUA DESTILADA		

REGISTRO	FIRMA	FECHA
DIBUJANTE: PABLO ROSERO		02/2019
ING. DISEÑO: PABLO ROSERO		02/2019
REVISADO: DRA. JENNY RUALES		02/2019

TAMAÑO A3
ESCALA N/A

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

PROYECTO:
DISEÑO DE UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ENCAPSULADOS DE CAROTENOIDES A PARTIR DE PULPA DE MANGO Y MELÓN.

DESCRIPCIÓN:
DIAGRAMA DE TUBERÍAS E INSTRUMENTACIÓN (P&ID)

Figura 5.12. Diagrama de tuberías e instrumentación (P&ID) y control de la planta de producción de microencapsulados de carotenoides (continuación).

Tabla 5.25 Diseño higiénico de la zona de producción

Área	Indumentaria	Utensilios, instrumentos.	Pisos	Paredes
Recepción	Botas de caucho industrial, Mandil, Guantes gruesos, cofia de tela, gafas de protección.	Balanza 100kg. Gavetas plásticas. Pallets plásticos.	Pisos de cemento pintado con pintura epóxica.	Paredes de cemento enlucido pintadas con pintura epóxica alta circulación. Luz blanca led. Dos desagües
Limpieza, Desinfección	Botas de caucho industrial, Mandil impermeable, Guantes de caucho, cofia, mascarilla, gafas de protección.	Apiladora manual. Pediluvio y lavabo de entrada. Dispensador de jabón, alcohol gel, y papel industrial. Lámpara UV Cepillos de limpieza. Gavetas plásticas. Escobas plásticas. Escurridores. Apiladora manual.	Pisos de cemento pintado con pintura epóxica. y antideslizantes	Paredes de cemento enlucido pintadas con pintura epóxica, esquinas cóncavas. Iluminación led.
Despulpado	Botas de caucho industrial, Mandil impermeable, Guantes de caucho, cofia, mascarilla, gafas de protección.	Gavetas plásticas. Balanza 100 kg. Pallets. Apiladora manual	Pisos recubiertos con material impermeable y antideslizantes	Paredes de cemento enlucido pintadas con pintura epoxica. Luz blanca led.
Tratamiento enzimático, Filtración y Acondicionamiento	Botas de caucho, Mandil Blanco, Guantes de nitrilo, cofia, mascarilla, gafas de protección.	Balanza 100 kg. Recipientes para mezclado. Mesa de mezclado. Dispensador de jabón, alcohol gel, y papel industrial. Lavado y pediluvio de entrada. pHmetro, refractómetro. Cortina industrial.	Pisos recubiertos con material impermeable y antideslizantes	Paredes de cemento enlucido pintadas con pintura epóxica. Luz blanca led. Dos desagües
Secado por aspersión	Botas de caucho, mandil Blanco corto, Guantes de nitrilo, cofia desechable, mascarilla para polvos, gafas de protección, Casco de protección. Arnés de seguridad	Balanza analítica 10kg. Escobas plásticas. Gavetas plásticas. Lámpara UV. Dispensador de alcohol gel. Lavabo de limpieza.	Pisos de cemento pintado con pintura epóxica y material impermeable	Paredes mixtas, de cemento enlucido pintadas con pintura epóxica, y paredes kubiec (metal+poliuretano expandido). Luz blanca led.
Empaque	Botas de seguridad. Mandil corto, cofia, mascarilla.	Apiladora manual. Grapadora de cajas. Pallets.	Pisos de cemento pintado con material impermeable	Paredes mixtas, de cemento enlucido pintadas con pintura epóxica, y paredes kubiec (metal+poliuretano expandido) Luz blanca led.

Tabla 5.25. Diseño higiénico de la zona de producción (continuación)

Área	Indumentaria	Utensilios, instrumentos.	Pisos	Paredes
Cuarto frio			Paredes kubiec (metal+poliuretano expandido) 0 ºC Puerta normal, cortina industrial	Un desagüe. Luz blanca led.
Cuarto maduración			Cemento Pintado con pintura epóxica, ducto para el aire de entrada Puerta corrediza	Un desagüe. Luz blanca led.

6. ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD ECONÓMICA

6.1. ESTIMACIÓN DE COSTOS

Para la estimación de costos de los equipos se tomó como referencia los precios de equipos de similares características de empresas fabricantes en China, a este precio se sumó un factor por importación y transporte de los equipos a la unidad productiva. Para los costos operativos y los costos de materias primas se utilizaron cotizaciones reales en el mercado ecuatoriano.

6.1.1. COSTOS DE EQUIPOS

El costo de los equipos sin instalación se puede observar en la Tabla 6.1, el detalle de la estimación del costo de los equipos se observa en el Anexo AV.1.

Tabla 6.1 Costos estimados de equipos sin instalación

Equipo	Cantidad	Capacidad	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
Báscula	1	500 kg	200,00	200
Banda transportadora	2	1 Ton/h	307,79	700
Drencher de limpieza	1	800 kg/h	4 276,94	4 300
Pozo de inmersión	1	0,73 m^3	1 200,00	1 200
Despulpadora	1	500 kg/h	5 714,93	5 700
Filtro de tambor rotatorio	1	250 kg/h	2 477,72	2 400
Tanque de Almacenamiento	1	1,24 m^3	1 582,63	1 600
Recipiente móvil	2	0,52 m^3	2 342,41	4 700
Tanque agitado	1	2,3 m^3	6 632,39	6 600
Bomba peristáltica	3	0,5 hp	3 100,00	9 300
Cuarto frío	1	302,8 m^3	60 000,00	60 000
Cuarto de maduración	1	152,8 m^3	30 000,00	30 000

Tabla 6.1 Costos estimados de equipos sin instalación (continuación)

Empacadora	1	25 kg/h	20328,00	20 400
Secador por aspersión	1	150 kg/h	116 115,00	116 000
Costo total equipos sin instalación (USD)				263 100
Costo total + Factor por impuestos de importación (USD)				**524 226**

6.1.2. COSTOS DIRECTOS Y COSTOS INDIRECTOS

Los costos directos y los costos indirectos forman parte de la inversión inicial del proyecto. Los cálculos se detallan en el Anexo VIII, se pueden detallar en las Tablas 6.2 y 6.3, a continuación.

Tabla 6.2 Costos directos

Ítem	Costo
Costo de equipos	524 226,0
Costos de traslado de equipos	52 422,6
Subtotal equipos entregados	576 648,6
Costo de instalación de equipos	224 893,0
Instrumentación y Control	149 928,6
Tuberías	178 761,1
Sistemas eléctricos	57 664,9
Costo de infraestructura	167 228,1
Costo de terreno	69 197,8
Instalación de Servicios	317 156,7
Total Costos Directos (USD)	**1 741 478,8**

Tabla 6.3 Costos indirectos

Ítem	Costo
Ingeniería y Supervisión	184 527,6
Gastos de construcción	196 060,5
Gastos legales	23 065,9
Servicios contratistas	109 563,2
Contingencia	213 360,0
Total Costos Indirectos (USD)	726577,2

6.1.3. INVERSIÓN INICIAL

Los costos directos, costos indirectos y costos de capital de trabajo conforman el total de la inversión inicial del proyecto (Peters y Timmerhaus, 2002). Los cálculos se detallan en el Anexo VIII, se pueden detallar en la Tabla 6.4, como sigue,

Tabla 6.4 Totalización de la inversión

Ítem	Costo
Costos directos	1 741 478,8
Costos indirectos	726 577,2
Costos de Capital de Trabajo	432 486,5
Inversión de Capital (FCI) Total (USD)	**2 900 542,5**

6.2. ANÁLISIS FINANCIERO

6.2.1. INGRESOS ESPERADOS POR VENTAS

Los ingresos esperados por ventas se detallan a continuación en la Tabla 6.5, para su cálculo se tomó en cuenta el precio unitario por kilogramo de micro-encapsulados de carotenoides a partir de mango y melón tomando como referencia el mercado al por mayor de empresas fabricantes.

Tabla 6.5. Ingresos Totales Anuales Esperados por Venta

Producto	Cantidad (Kg/año)	Precio unitario (USD/Kg)	Precio Total (USD)	Referencia
Pulpa melón micro encapsulada en polvo	37 500	50	1 875 000	Xi'an Rongsheng Biotechnology Co., Ltd.
Pulpa mango micro encapsulada en polvo	37 500	25	937 500	Shaanxi Jintai Biological Engineering Co., Ltd.
Total Ingresos anuales esperados (USD)			**2 812 500**	

6.2.2. COSTOS TOTALES ANUALES SIN DEPRECIACIÓN

Los costos totales anuales sin depreciación fueron calculados según la metodología descrita en el Anexo VI.2, y se resumen en la Tabla 6.6, se observa además que el costo más alto en la producción es el de la materia prima con un 39% del total.

Tabla 6.6 Costos totales anuales de producción sin depreciación

Ítem	Costo total (USD)	%
Costos materia prima	531 473	39 %
Costos de personal	199 828	15%
Costo de servicios	77 200	6%
Costos de mantenimiento	152 111,2	11%
Costos insumos de producción	22 816,7	2%
Costos de laboratorio	29 974,2	2%
Impuestos	50 703,7	4%
Seguros	25 351,9	2%
Imprevistos sobrecarga de planta	211 163,5	16%
Investigación y desarrollo	54 192,6	4%
Total Costos anuales sin depreciación (USD)	**1 354 815**	**100%**

Con estos datos se puede encontrar el costo unitario por kilogramo de producto dividendo la producción esperada de 75 toneladas de producto al año por el total de costos anuales de producción de la siguiente manera:

Costo unitario= $\frac{Costo\ total\ anual}{Producción\ anual}$

Costo unitario= $\frac{1\ 354\ 815\ USD}{75\ 000\ unidades}$

Costo unitario = 18,06 USD

6.2.3. FINANCIAMIENTO

El proyecto estará financiado bajo el esquema planteado en la Tabla 6.7, los detalles de la amortización se resumen en el Anexo VII.6.

Tabla 6.7 Financiamiento del Proyecto

Fuente	Distribución	Aporte
Propio	30%	870 163 USD
Préstamo bancario	70%	2 030 380 USD
Total	100%	**2 900 543 USD**

6.3.FLUJO DE CAJA

El flujo de caja del proyecto por los próximos 10 años se presenta a continuación en la Tabla 6.9. Los montos se expresan en dólares americanos.

6.4.PARÁMETROS FINANCIEROS DEL PROYECTO

Los parámetros financieros del proyecto se resumen en la Tabla 6.8.

Tabla 6.8 Parámetros financieros del proyecto

Parámetro	Factor
VPN (Valor presente neto, USD)	**1 102 575**
TIR (%) (Tasa interna de retorno)	**15,7 %**
Tiempo de repago (años)	**5**

Con estos datos podemos comparar la factibilidad de inversión en el proyecto, si tenemos en cuenta que la tasa de interés pasiva efectiva promedio, a plazo fijo propuesta por el BCE es del 7,29%, un 15,7% de tasa interna de retorno para una inversión de estas características probablemente sea poco atractiva para un inversionista, pues el riesgo que se toma para implementar el proyecto es alto.

Sin embargo, se pudo calcular que disminuyendo un 15% el costo de la materia prima de producción la TIR aumentó a 17,7%, poniendo en la mesa un dato más atractivo para la inversión en el proyecto.

Tabla 6.9 Flujo de caja anual

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fracción de capacidad	-	40%	60%	80%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Ingresos por ventas	-	1 125 000	1 687 500	2 250 000	2 812 500	2 812 500	2 812 500	2 812 500	2 812 500	2 812 500	2 812 500
Costos materia prima	-	-212 589	-318 884	-425 178	-531 473	-531 473	-531 473	-531 473	-531 473	-531 473	-531 473
Costos de personal	-	-79 931	-119 897	-159862	-199 828	-199 828	-199 828	-199 828	-199 828	-199 828	-199 828
Costo de servicios	-	-30 880	-46 320	-61 760	-77 200	-77 200	-77 200	-77 200	-77 200	-77 200	-77 200
Costos de mantenimiento	-	-60 844	-91 267	-121 689	-152 111	-152 111	-152 111	-152 111	-152 111	-152 111	-152 111
Costos insumos de producción	-	-9 127	-13 690	-18 253	-22 817	-22 817	-22 817	-22 817	-22 817	-22 817	-22 817
Costos de laboratorio	-	-11 990	-17 985	-23 979	-29 974	-29 974	-29 974	-29 974	-29 974	-29 974	-29 974
Seguros	-	-25 352	-25 352	-25 352	-25 352	-25 352	-25 352	-25 352	-25 352	-25 352	-25 352
Imprevistos sobrecarga de planta	-	-211 164	-211 164	-211 164	-211 164	-211 164	-21 1164	-211 164	-211 164	-211 164	-211 164
Costos anuales sin depreciación	-	-641 877	-844 557	-1 047 238	-1 249 919	-1 249 919	-1 249 919	-1 249 919	-1 249 919	-1 249 919	-1 249 919
Utilidad antes de impuestos	-	483 123	8429 43	1 202 762	1 562 581	1 562 581	1 562 581	1 562 581	1 562 581	1 562 581	1 562 581
Impuestos	-	-50 704	-50 704	-50 704	-50 704	-50 704	-50 704	-50 704	-50 704	-50 704	-50 704
Utilidad después de impuestos	-	432 420	792 239	1 152 058	1 511 878	1 511 878	1 511 878	1 511 878	1 511 878	1 511 878	1 511 878
Abono a préstamo	-	-259 452	-475 343	-691 235	-907 127	-423 168	0	0	0	0	0
Inversión inicial	-2 900 543	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Flujo neto de caja	**-2 900 543**	**172 968**	**316 896**	**460 823**	**604 751**	**1 088 710**	**1 511 878**	**1 511 878**	**1 511 878**	**1 511 878**	**1 511 878**

6.5. PUNTO DE EQUILIBRIO

Para calcular el punto de equilibrio del proyecto se tomó como producto la presentación de 1 kg de pulpa micro-encapsulada, tomando en cuenta una producción semestral de mango y una producción semestral de melón, los costos fijos tomados en cuenta para el cálculo fueron los referentes al costo del personal, costos de los servicios, costos de mantenimiento y seguros.

La Figura 6.1 nos muestra la gráfica del punto de equilibrio de donde se destaca que se alcanza un punto de equilibrio cuando la planta de producción alcanza un 38% de su capacidad, es decir al producir 14 250 kg de pulpa micro-encapsulada de mango y 14 250 kg de pulpa micro-encapsulada de melón al año.

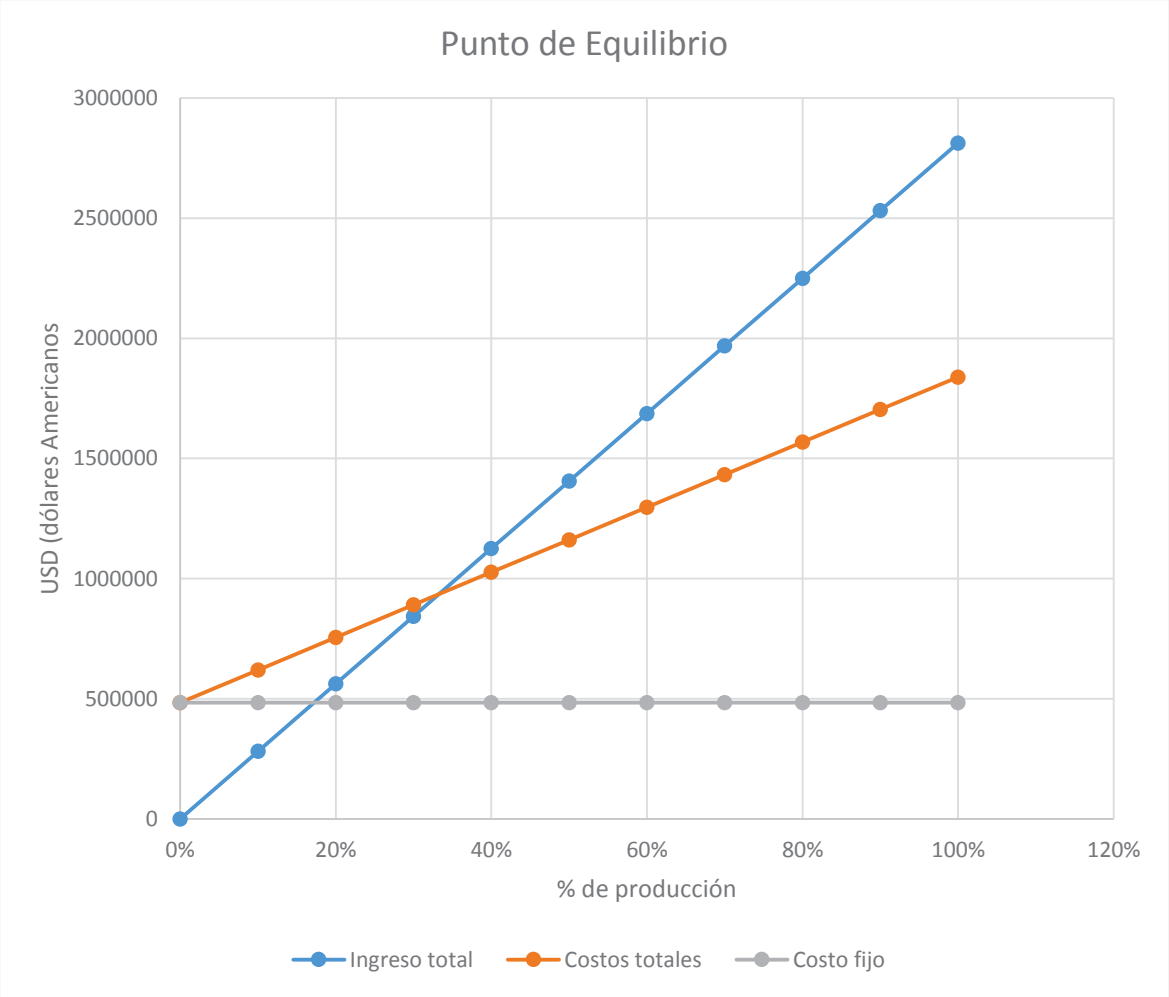


Figura 6.1 Punto de equilibrio del proyecto.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. Se diseñó una planta para obtención de pulpa micro-encapsulada de melón y de mango en función de la disponibilidad temporal de cada fruta, utilizando 317 toneladas anuales de melón y 194 toneladas anuales de mango, para producir un total de 75 toneladas anuales de pulpa micro-encapsulada en polvo de alta calidad.

2. La planta diseñada consta de dos bandas transportadoras, un Drencher de limpieza para lavado, un pozo de inmersión para desinfección, una despulpadora de fruta, dos reactores móviles para tratamiento enzimático, un filtro rotatorio, un tanque agitado para encapsulado de pulpa, un tanque de almacenamiento de pulpa refrigerada y un equipo de secado por aspersión, el cual tiene una etapa previa de acondicionamiento de aire (para secado del mismo) para aumentar la eficiencia del proceso.

3. Se realizó una simulación del proceso de secado por aspersión empleando el simulador de procesos Super Pro Designer V.8.5, obteniéndose los caudales de aire para las temperaturas requeridas y la humedad deseada de producto terminado.

4. Se realizó el dimensionamiento de todas las unidades de proceso y equipos requeridos para llevar a cabo el procesamiento de la materia prima, basándose en documentos técnicos y académicos, cumpliendo las normas y estándares previamente establecidos.

5. La planta representa un proyecto de inversión factible desde el punto de vista financiero, garantizando el pago total del financiamiento en un plazo máximo de 5 años, requiriendo una inversión inicial de capital de 2 900 542,5 USD.

6. Los parámetros financieros del proyecto corresponden a un Valor Actual Neto (VAN) de 1 102 575 USD, una tasa interna de retorno de 15,7% y un tiempo de repago de 5 años.

7. Se realizó un análisis de sensibilidad del proyecto y se pudo observar que disminuyendo un 15% el costo de las materias primas la TIR aumento a 17,7%, el VAN aumentó a 1 452 855 USD, y el periodo de repago disminuyó a 4,6 años.

RECOMENDACIONES

1. Realizar un análisis de sensibilidad técnico-financiero de la etapa de secado de pulpa, específicamente en las variables del secado previo del aire (acondicionamiento), de manera tal de optimizar e identificar su peso en el análisis de pre factibilidad económica.

2. Realizar la evaluación técnica-financiera de aumentar el factor de servicio (horas de producción) de la planta, de manera tal de maximizar los ingresos y aumentar las posibilidades de crecimiento económico.

3. Evaluar la factibilidad técnica de incorporar al proceso ya dimensionado alguna otra fruta de interés para diversificar el mercado.

4. Realizar la construcción de una planta piloto para replicar a escala el proceso ya dimensionado, de manera tal de validar el diseño y optimizar las variables del proceso de producción.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aguado, J. (2002). Ingeniería de la Industria Alimentaria (Vol. 2). (F. Rodríguez, Ed.) Madrid, España: Síntesis.

2. Álvarez, G. (1999). Determinación de coeficientes convectivos y propiedades térmicas en el enfriamiento por inmersión de frutas. Universidad Nacional de Colombia (9), 145.

3. American Petroleum Institute, A. 6. (2012). Welded Steel tanks for oil Storage. Washington D.C, United States: API Publishing Service.

4. Babu, R., Gupta, D., & Chauhan, K. (2017). Rheological characteristics of muskmelon (cantaloupe) pulp. The Assian Journal of Horticulture, 127-131.

5. Balaguera, H. E. (2014). Etileno y retardantes de la maduración en la pos-cosecha de productos agrícolas. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, 8(2), 302-313.

6. Banco Central del Ecuador. (2018). Tasas pasivas de interés. Quito.

7. BCE, B. c. (2016). Estadística de comercio exterior de Bienes. Quito.

8. Bohn, F. (Diciembre de 2005). Manual de ingeniería. Boletín H-ENG-1 APM. México, Ciudad de México.

9. Brench, J. K. (2009). Manual de Prácticas para el manejo Post-cosecha del mango. National Mango Board (NMB), 1-34.

10. Cadenas, J. (Mayo de 2009). Diagrama de Gantt. Obtenido de https://ldc.usb.ve/~jtcadenas/CI3715/Diagramas%20de%20Gantt.pdf

11. Cano, M. (Mayo de 2005). Effects of the carriers of the microstructure of the mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. (S. Direct, Ed.) Innovative Food science and emerging technologies, 6, 422.

12. Crawford, H. (2017). Manual de manejo agronómico para cultivo de melón (Vol. 1). (P. Abarca, Ed.) Santiago, Chile: INIA.

13. DENAIR Energy Saving Technology (Shanghai) PLC. (2018). Obtenido de https://goo.gl/ScMDjN

14. Echeverri, C. (2006). Diseño óptimo de ciclones. Ingenierías Universidad de Medellín, 5, 123-139.

15. Ecuador Vida Sana. (29 de Junio de 2018). Los alimentos funcionales. Obtenido de http://www.vidasanaecuador.com/2014/09/los-alimentos-funcionales.html

16. ENSANUT. (2014). Encuesta nacional de salud y nutrición. En W. Freire, Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (págs. 277-351). Quito: El telégrafo.

17. FAO Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Cultura. (2017). Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y El Caribe.

18. Fundación Mango del Ecuador. (25 de Marzo de 2018). Mango Ecuador Foundation. Obtenido de http://www.mangoecuador.org/areas-cultivo.php

19. Gaidhani Kunal. (2015) Lyophilization / freeze Drying A review, MET Institute of Pharmacy, World Jpurnal of Pharmacy, Nashik, India (Vol 4) p 1-3

20. Gharsallaoui, A. (2007). Aplication of spray drying in microencapsulation in food ingredients: An overview. Food reseach International (40), 1108-1118.

21. Gómez, J. C. (02 de Abril de 2018). Actores productivos. Obtenido de http://actoresproductivos.com/2017/11/20/area-melonera-no-crece-en-ecuador/

22. González, E. (2015). Microencapsulación mediante secado por Aspersión de Componentes Bioactivos. Durango.

23. Guangzhou Guanyu Machinery Co., Ltd. (2018). Obtenido de https://goo.gl/cYNYy8

24. HANTER, A.J. 1984. Thermodynamic optimum aeration time fraction and airflow. CSIRO/AGI. Aeration System Design Seminar and Workshop, Highett, Victoria, Australia

25. Henan Province Yingda Machinery Manufacturing Co., Ltd. (2018). Obtenido de https://goo.gl/p4zYGk

26. Himmelblau. (1997). Principios básicos y cálculos básicos en ingeniería química.

27. Ibarz, A. (2005). Operaciones Unitarias en la Ingeniería de Alimentos. Madrid, España: Ediciones Mundi Prensa. Doi:ISBN: 84-8475-163-0

28. Ibérica, D. (2018). Manual de instrucciones Drencher de Cadenas.

29. INEN, I. E. (2015). Norma técnica ecuatoriana para mezclas en polvo para preparar refrescos. NTE, INEN 2471(Primera Revisión). Quito, Ecuador.

30. INFRA, G. (2015). Datos técnicos de maduración inducida de frutas y vegetales. INFRA, Soluciones en gases envasados, 2.

31. INIAP. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (2008). Guía técnica de cultivos. Quito, Ecuador: Gráficas Silva.

32. Jiangsu Kuwai Machinery Co., Ltd. (2018). Obtenido de https://goo.gl/hn3crW

33. Jiangsu Kuwai Machinery Co., Ltd. (2018). Obtenido de https://goo.gl/nAenG2

34. Latham, M. C. (2002). Nutrición Humana en el Mundo en Desarrollo. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Obtenido de http://www.fao.org/docrep/006/w0073s/w0073s0f.htm#TopOfPage

35. Machicado, F. C. (Mayo de 2016). Estudio de localización de un proyecto. Ventana Científica, 7(11), 29-33.

36. Manual de Ingeniería de Diseño (2005). Petroleos de Venezuala S.A. (PDVSA). Simbología para planos de proceso. Vol 15. L-TP 1.2

37. Marín, E. (2006). La rehidratación de alimentos deshidratados. Revista Chilena de Nutrición, 33(3), 46-48. doi:http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182006000500009

38. Masters, K. (1994). Spray drying handbook (4 ed.). Drying technology. Longman Group

39. McLaren, K. (2012). Manual on Vitamin A Deficiency Disorders (VADD). Basel: Karger.

40. Merizalde, A. (2018). Desarrollo de micro-encapsulados de carotenoides presentes en la pulpa de mango mediante secado por aspersión. Facultad de Ingeniería Química y Agroindustrial, 65.

41. Ministerio de industrias y productividad, M. (17 de Octubre de 2013). Proyecto Fomento al desarrollo territorial de parques industriales en el Ecuador. página 8. Quito, Pichincha, Ecuador.

42. Ministerio del Trabajo. (2018). Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo. Quito, Ecuador.

43. Moreno, J. M. (2000). Fórmulas generales para la determinación de áreas y volúmenes. Gran Canaria, Las palmas: El Guiniguada.

44. Muñoz, M. (2015). Diseño de un secador por atomización para la síntesis de microcápsulas de aceite esencial de rosa mosqueta. Valencia, España: Aitex.

45. National Mango Board. (2018). Protocolo para el manejo y la maduración del mango. Florida, United States.

46. ONU. (18 de Junio de 2018). Reloj de población del Ecuador. Obtenido de http://countrymeters.info/es/Ecuador

47. Patel, R. P. (2009). Spray Drying Technology: an overview. Indian Journal of Science and Technology, 2(10), 44-47.

48. Peters, M., & Timmerhaus, K. (2002). Plant Design and Economics for Chemical Engineers. Mc-Graw Hill.

49. Philis. (11 de Mayo de 2018). Hangzhou Philis Filter Technology Co., Ltd. Obtenido de http://spanish.dustfiltercloth.com/quality-2619054-industrial-nylon-filter-cloth

50. PIADY. (02 de Abril de 2018). PIADY. (P. i. Yaguachi, Productor) Obtenido de http://www.piady.com/piady.html

51. Plastipol. (2018). Obtenido de http://plastipoldecolombia.com/index.php?sec=productos_industriales&pag=industrial_522532

52. Quintero, V. (julio de 2012). Evaluación de viscosidad y color en la pulpa de mango (*Mangífera Indica L*) tratada enzimáticamente. Revista Temas Agrarios, 17(2), 23. doi:https://doi.org/10.21897/rta.v17i2.703

53. Ribeiro, S. (2007). Antioxidant in Mango (Mangifera indica L.) Pulp. Plant Foods for Human Nutrition, 62, 13-17. doi:10.1007/s11130-006-0035-3

54. Rujano, T. G. (Marzo de 2015). Evaluación del pretratamiento enzimático en el proceso de filtración de jugo de mango. Revista de la Facultad de Ingeniería U.C.V, 30(1), 27-36.

55. Saravacos, G. D. (2016). Handbook of food processing Equipment. New York: Springer Science.

56. Siller, J. (2009). Calidad Poscosecha de cultivares de mango de maduración temprana, intermedia, y tardía. revista Fitotécnica mexicana, 32(1).

57. Sinnot, R. K. (2005). Chemical Engineering Desing (Vol. 6). Oxford, Reino Unido: Coulson and Richardson.

58. Solval, K. M. (26 de Agosto de 2012). Development of Catauloupe (Cucumis Melo) juice powder using spray drying technology. LWT-Food Science and Technology, 46, 2.

59. Tecnovil. (2018). Drencher de Cadena Recto. Recuperado el 26 de Abril de 2018, de http://www.tecnovill.com/producto.php?familia=TRATAMIENTO&nombre=DRENCHER%20CADENAS%20RECTO

60. Tirira, L. (2014). Diseño y construcción de una máquina despulpadora de frutas. Riobamba, Ecuador.

61. Urbina, G. B. (2010). Formulación y evaluación de Proyectos (Sexta ed., Vol. Sexta edición). México, México: McGrawHill.

62. Uribe, V. C. (2013). Diseño y cálculo en agitadores de fluidos. (R. Verdugo, Ed.) Chile.

63. Vanaclocha, C. (2016). Diseño de Industrias Agroalimentarias. Madrid, España: Mundi-Prensa.

64. Velazquez, C. A. (26 de Junio de 2007). Manual de Manejo Postcosecha de Frutas Tropicales. (J. Toledo, Ed.) Organizacion de las naciones unidas para la Agricultura y la alimentacion (FAO), 11-12. Obtenido de www.fao.org/inpho/content/documents/vlibrary/ac304s/ac304s00.htm

65. Walas, S. (2010). Chemical Process Equipment. Burlington: Elsevier.

66. Waliszewski, S. (2012). Cellulases preparations and their aplications in extractives processes. Redalyc, 21(42), 11-120.

67. Wenzhou Jhen Ten Machinery Co., Ltd. (2018). Obtenido de https://goo.gl/CW3ww2

68. Yantai Fulin Mining Machinery Co., Ltd. (2018). Obtenido de https://goo.gl/QnXb6r

69. Yanza, E. (2003). Diseño de un secador por atomización a nivel piloto para jugo concentrado de tomate de árbol. Universidad Nacional de Colombia, p. 153.

ANEXOS

ANEXO I

POSCOSECHA DE MANGO Y MELÓN

La pos-cosecha de frutas es la ciencia que se encarga de estudiar la vida de las frutas después de su cosecha, hay que tomar en cuenta que las frutas continúan vivas después de ser cosechadas, por lo tanto estas frutas continúan respirando, madurando e iniciando el proceso de senescencia, con lo cual se dan cambios estructurales, bioquímicos y de componentes de cada fruta (Velazquez, 2007, pág. 12).

Dentro de la fisiología de las frutas durante el período pos-cosecha de las frutas se dan procesos como respiración, en dicho proceso la fruta obtiene la energía necesaria para continuar con su maduración, el proceso respiratorio se da gracias a las reservas de azucares y almidones que tienen las frutas cosechadas, estos azucares son oxidados consumiendo oxigeno del ambiente y produciendo dióxido de carbono, en la respiración se genera calor, conocido como calor vital de la fruta, valor indispensable a tener en cuenta para el cálculo de requerimientos energéticos en el diseño de cámaras de refrigeración, los ritmos respiratorios se clasifican en altos medios y bajos, el mango y el melón son consideradas frutas con un ritmo respiratorio moderado como se puede observar en la Figura AI.1, estas frutas pueden producir hasta 20 mg de dióxido de carbono por cada kg de fruta en una hora (Velazquez, 2007, p.12).

Tabla AI.1. Ritmo respiratorio de algunas frutas tropicales

Ritmo de respiración	Rango de respiración a 5°C (mg CO2/kg/h)	Producto
Bajo	5 - 10	Cítricos, papaya, piña, melón ¨Honey Dew¨, sandía
Moderado	10 - 20	Mango, melón reticulado, plátano
Alto	20 - 40	Palta (aguacate)

(Velazquez, 2007, p.12).

En la maduración de las frutas se da un fenómeno importante, la producción de etileno. Se conoce como etileno a la hormona natural producida por las frutas durante su maduración, fisiológicamente activa de gran influencia en la maduración y la respiración (Velazquez, 2007, p.12).

El etileno regula la maduración y senescencia de las frutas a nivel molecular y bioquímico debido a que estimula la expresión de los genes que codifican las enzimas relacionadas a cambios durante la maduración, por un lado el etileno es responsable de ocasionar cambios favorables en la fruta como dar características organolépticas óptimas, pero también es responsable de acelerar características desfavorables como las de su senescencia (Balaguera, 2014, p.302).

Tanto el mango como el melón son consideradas frutas con una producción de etileno moderado, con rangos de producción de 1 a 10 ml por cada Kg de fruta por hora, y se ha descrito que la utilización de etileno exógeno durante la pos-cosecha del mango pone en manifiesto los pigmentos carotenoides característicos de la fruta (Velazquez, 2007, p.13).

Finalmente otra característica importante en la maduración pos-cosecha de la frutas a tomar en cuenta es el comportamiento climatérico de las mismas, pues las frutas se clasifican en climatéricas y no climatéricas de acuerdo a su patrón respiratorio y tasa de producción de etileno, en la Figura AI.2 se puede observar cómo las frutas climatéricas incrementan marcadamente su ritmo respiratorio y tasa de producción de etileno durante su maduración por lo que sus cambios organolépticos, son rápidos e intensos, a diferencia de las frutas no climatéricas, en donde la tasa respiratoria y de producción de etileno es constante lo que provoca cambios organolépticos graduales y continuos. En la Figura AI.3 podemos observar que el mango y el melón son consideradas frutas climatéricas de acuerdo a su tasa respiratoria (Velazquez, 2007, p.12).

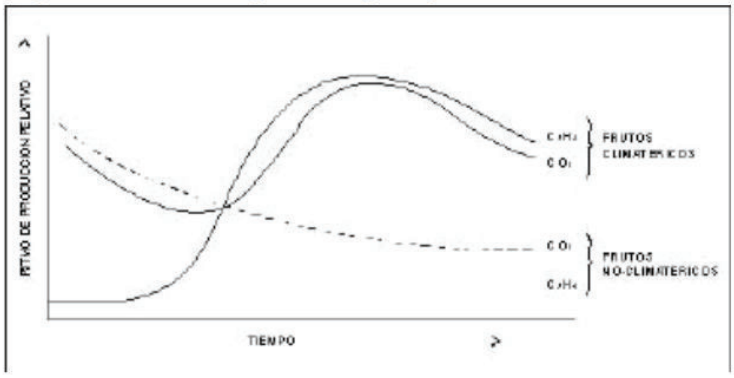


Figura AI.1. Patrón respiratorio y producción de etileno en frutas

(Velazques, 2007, p.12).

Tabla AI.2. Clasificación de algunas frutas por su producción de etileno

Clase	Etileno (ml/kg/h a 20°C)	Producto
Muy bajo	< 0.1	Cítricos
Bajo	0.1 - 1.0	Piña, melón casaba, sandía
Moderado	1.0 - 10.0	Mango, melón ¨Honey Dew¨, plátano
Alto	10.0 - 100.0	Melón reticulado, palta (aguacate), papaya
Muy alto	> 100.0	Maracuyá

(Velazquez, 2007, p.12).

El mango y el melón en su maduración pos-cosecha sufren varios cambios importantes en cuanto a su composición, durante este período en el fruto se da una síntesis de almidones, convirtiéndolos en azúcares, por lo que la fruta se vuelve más dulce. Se da una síntesis de beta-carotenos con lo en el caso del mango la cáscara cambia de color de verde a amarillo y el color amarillo de su pulpa se intensifica, lo propio para el melón, donde su pulpa toma una tonalidad más intensa.

El contenido de clorofila disminuye, además se da un incremento en las características sus aromas volátiles, la tasa de producción de dióxido de carbono se incrementa, y su tasa de producción de etileno aumenta (Brench, 2009, p.33).

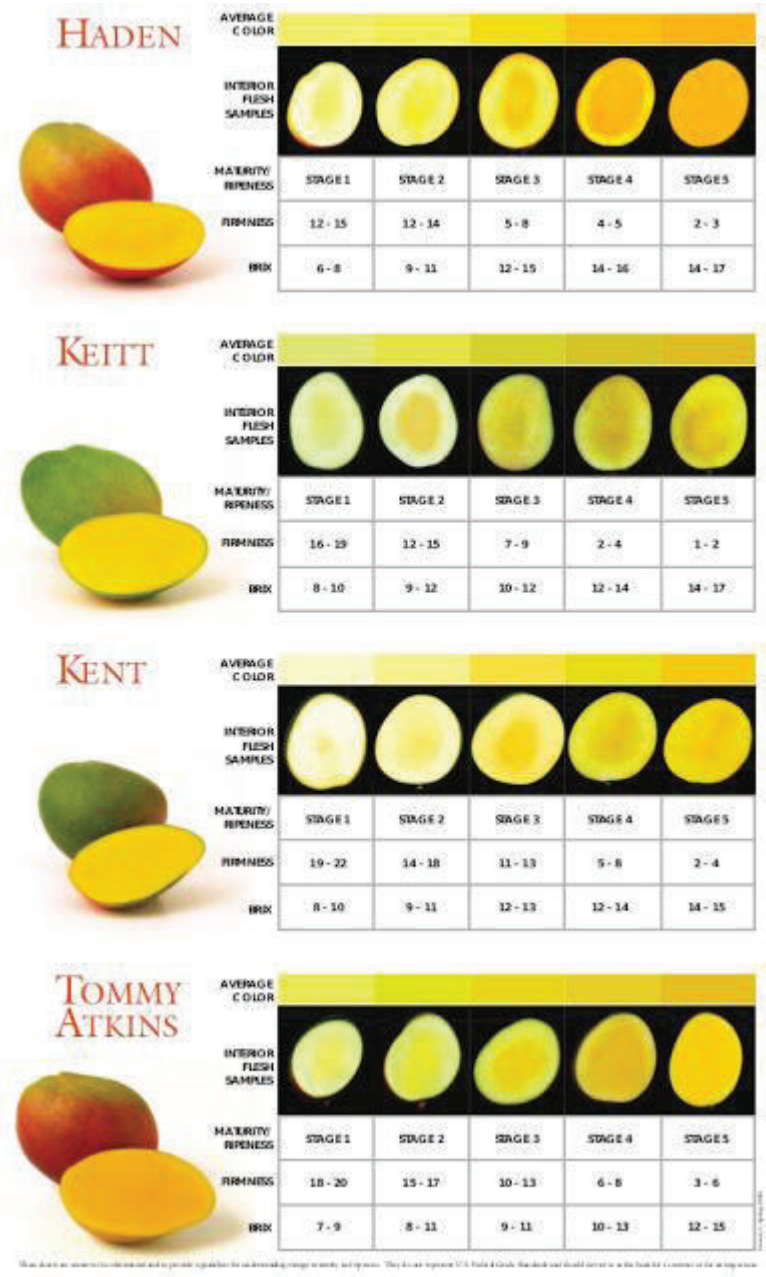


Figura AI.2 Escala de coloración para el grado de madurez del mango

(National Mango Board, 2018, p.7).

Tabla AI.3 Contenido de sólidos solubles para el grado de madurez del melón

Tipo de melón	Sólidos solubles, °B.	Otras características
Amarillo	12 a 14	Piel amarilla, no verdosa, pulpa crocante, de color semiverde a blanco.
Honeydew	> 10; óptimo 12 a 15	Piel lisa y de color blanco o blanco cremoso.
Piel de sapo	13 a 15	
Charentais	13 a 15	
Galia	12 a 14	Color uniforme, reticulado homogéneo.
Cantaloupe	> 9	Red uniforme y bien desarrollada, color de fondo pardo amarillento, pulpa color rosado naranja.

(Crawford, 2017, p.89).

ANEXO II

EXPERIMENTACION PARA OBTENCIÓN DE DATOS

En este proyecto se realizó una experimentación para obtener algunos datos utilizados en los balances de masa del proceso, pues no se encontraron datos exactos de diferentes operaciones y rendimiento, a continuación se detalla la metodología seguida y los resultados obtenidos.

Se compró en el Mercado Mayorista de Quito dos bultos de Mango y de melón, estos bultos fueron pesados y registrados.

Figura AII.1. Pesaje de melón para despulpado

Figura AII.2. Pesaje de mango para despulpado

2. La fruta fue lavada, separada sus impurezas, y sumergida en solución desinfectante con una relación de 30ppm de cloro.

Figura AII.3. Inmersión de mango en solución desinfectante.

Figura AII.4. Inmersión de melón en solución desinfectante.

3.- Se Clasificó la fruta en canastas plásticas

Figura AII.5. Clasificación de mango en canastas plásticas.

Figura AII.6. Clasificación de melón en canastas plásticas.

4.- La fruta pasó a condiciones controladas de 15 ºC y de 80% de humedad relativa

Figura AII.7. Monitoreo pos-cosecha del mango.

Figura AII.8. Monitoreo pos-cosecha del melón.

5.- Una vez llegó a su estado de madurez óptimo la fruta pasó al proceso de despulpado. Donde primero se la pesó con una Balanza de marca Transcell modelo PBS, de 0,2 g de apreciación.

Figura AII.9. Pesaje del melón desinfectado.

Figura AII.10. Pesaje del mango desinfectado.

6.- Una vez cumplida la prueba de color de su cáscara se realizó una prueba de coloración interna como lo describe en el Anexo 1, se peló la fruta, separando su cáscara y semilla.

Figura AII.11. Separación de semilla y cáscara de melón.

Figura AII.12. Separación de semilla y cáscara de mango.

8.- Con una licuadora doméstica se licuó y se obtuvo la pulpa de fruta, misma que fue pesada y registrada sus datos.

Figura AII.13. Obtención de pulpa de fruta.

9.- Finalmente la pulpa fue filtrada con una malla y se obtuvo una pulpa filtrada y la torta de filtrado.

Figura AII.14. Filtrado de la pulpa de fruta.

Figura AII.16. Obtención de pulpa de fruta Filtrada de mango

Figura AII.15. Obtención de pulpa de fruta Filtrada de melón

De esta manera se obtuvieron los datos de la Tabla AII.1, que fueron utilizados en los balances de masa respectivos.

Tabla AII.1. Datos de proceso de despulpado obtenidos experimentalmente

DATOS OBTENIDOS EXPERIMENTALMENTE				
	MANGO (Tommy Atkins)		MELÓN (Cataulupe)	
	(g)	%	(g)	%
Peso Inicial de la muestra	3 395	100	15 025	100
Fruta partida/dañada	91,66	2,7	300,5	2
Impurezas	13,58	0,4	75,125	0,5
Fruta madura	2716	80	10 518	70
Peso inicial de fruta limpia	**2 716**	**100,00%**	**10 518**	**100,00%**
Peso de la cáscara	485	17,86%	2 920	27,76%
Peso de la semilla	368	13,55%	289,3	2,75%
Peso de la torta de filtrado	130	4,79%	309	2,94%
Total pulpa	1 733	63,81%	6 999,70	66,55%
Total subproductos	983	36,19%	3 518,30	33,45%

ANEXO III

BALANCES DE MASA Y ENERGÍA

AIII.1 Balances de masa para el Mango

Partiendo de una producción de 37,5 Toneladas de pulpa pulverizada de mango por ciclo anual de producción (125 días laborables por los 6 meses de cosecha), entonces:

Corriente Z

$$Z = 37\,500\ \frac{kg}{año} * \frac{1\ año}{125\ d} = 300 \frac{kg}{día} \qquad \text{[AIII.1]}$$

Balance en el secador

La sección de secado puede representarse según la Figura AIII.1, como sigue,

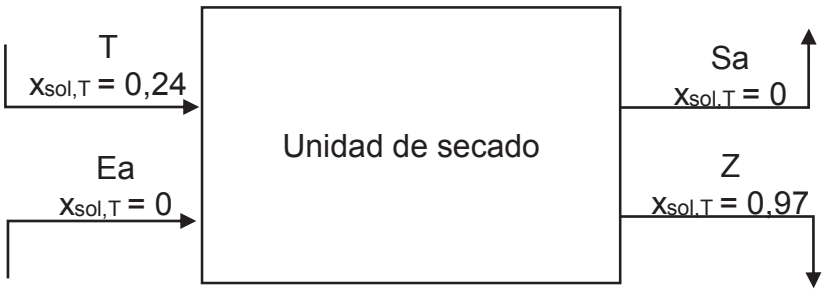


Figura AIII.1 Diagrama de la Sección de Secado

Donde:

T Corriente de pulpa húmeda acondicionada

Ea Corriente de entrada de aire

Z Corriente de pulpa seca

Sa Corriente de salida de aire

Del balance por componentes para sólidos se establece,

$$0{,}24T = 0{,}97Z \qquad \text{[AIII.2]}$$

Quedando entonces,

$$T = \frac{0{,}97Z}{0{,}24} = \frac{0{,}97 * 300\,\frac{kg}{día}}{0{,}24} = 1\,212{,}5\,\frac{kg}{día}$$

El balance para aire se puede detallar en el Anexo AIII.3

Balance en la sección de acondicionamiento

La sección de acondicionamiento puede representarse según la Figura AIII.2, como sigue,

Figura AIII.2 Diagrama de la Sección de Acondicionamiento

Donde:

S1 Corriente de maltodextrina

S2 Corriente de agua destilada

R Corriente de pulpa filtrada

T Corriente de pulpa acondicionada

Ecuación de Balance Global

$$R + S_1 + S_2 = T \qquad \text{[AIII.3]}$$

Sustituyendo el valor de T, queda,

$$R + S_1 + S_2 = 1\,212{,}5\,\frac{kg}{día}$$

Balances por componente

- **Para Maltodextrina**

$$S_1 = 0{,}12\,T \qquad \text{[AIII.4]}$$

Sustituyendo el valor de T, queda,

$$S_1 = 145{,}5\,\frac{Kg}{día}$$

- **Para Agua**

$$0{,}82\,R + S_2 = 0{,}76T \qquad \text{[AIII.5]}$$

Sustituyendo el valor de T, queda,

$$0{,}82\,R + S_2 = 921{,}5\,\frac{kg}{día}$$

Sustituyendo a S_1 en la Ecuación AIII.3 queda,

$$R + S_2 = 1\,067{,}0\,\frac{kg}{día} \qquad \text{[AIII.6]}$$

ResolVIIendo el sistema de ecuaciones entre AII.6 y AII.5 se obtiene:

$$R = 808{,}33\,\frac{kg}{día}$$

$$S_2 = 258{,}6\,\frac{kg}{día}$$

Balance en la sección de filtración

La sección de filtración puede representarse según la Figura AIII.3, como sigue,

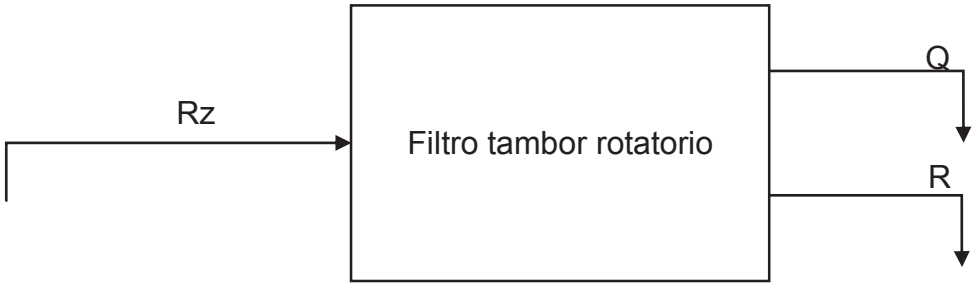


Figura AIII.3 Diagrama de la Sección de Filtración

Donde:

Rz Corriente de Pulpa tratada enzimáticamente

Q Torta de filtrado (desecho)

R Corriente de pulpa filtrada

Ecuación de Balance Global

$$Rz = R + Q \qquad \text{[AIII.7]}$$

Sustituyendo el valor de R, queda,

$$Rz - Q = 808{,}33\,\frac{kg}{día}$$

De la relación extraída de la Tabla AII.1, se plantea entonces:

$$Q = 0{,}0456\,Rz \qquad \text{[AIII.8]}$$

Sustituyendo a AIII.8 en la Ecuación AIII.7, queda,

$$Rz = \frac{808{,}361\frac{kg}{día}}{(1-0{,}0456)} = 846{,}95\,\frac{kg}{día} \qquad \text{[AIII.9]}$$

Sustituyendo a Rz en la Ecuación AIII.7, queda finalmente,

$$Q = 38{,}62\,\frac{kg}{día}$$

Balance en la sección de tratamiento enzimático

La sección de tratamiento enzimático puede representarse según la Figura AIII.4, como sigue.

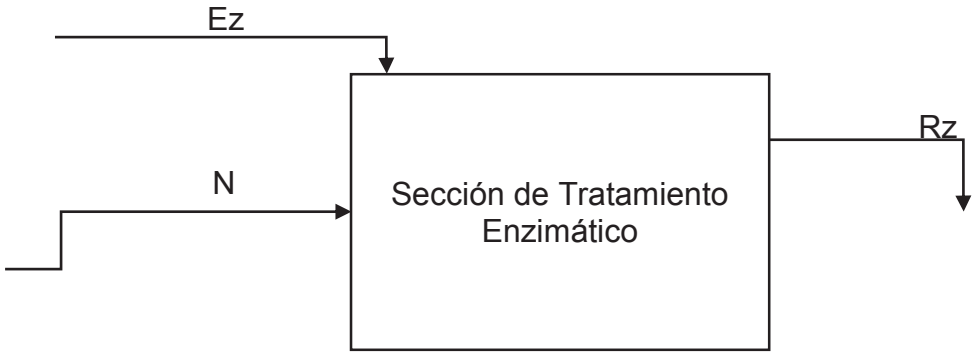


Figura AIII.4 Diagrama de la Sección de Tratamiento Enzimático

Donde:

Rz Corriente de Pulpa tratada enzimáticamente

Ez Corriente de coctel enzimático añadido

N Pulpa Filtrada

Ecuación de Balance Global

$$N + Ez = Rz \qquad \text{[AIII.10]}$$

Sustituyendo el valor de Rz, queda,

$$N + Ez = 846{,}95\,\frac{kg}{día}$$

De la relación extraída del Anexo II, se plantea entonces:

$$Ez = 0{,}001\,N \qquad \text{[AIII.11]}$$

Sustituyendo a AIII.11 en la Ecuación AIII.10, queda,

$$N = \frac{70{,}58\,\frac{kg}{día}}{(1+0{,}001)} = 846{,}108\,\frac{kg}{día} \qquad \text{[AIII.12]}$$

Sustituyendo a N en la Ecuación AIII.11, queda entonces,

$$Ez = 0{,}846\ \frac{kg}{día}$$

Balance en la sección de Despulpado

La sección de despulpado puede representarse según la Figura AIII.5, como sigue,

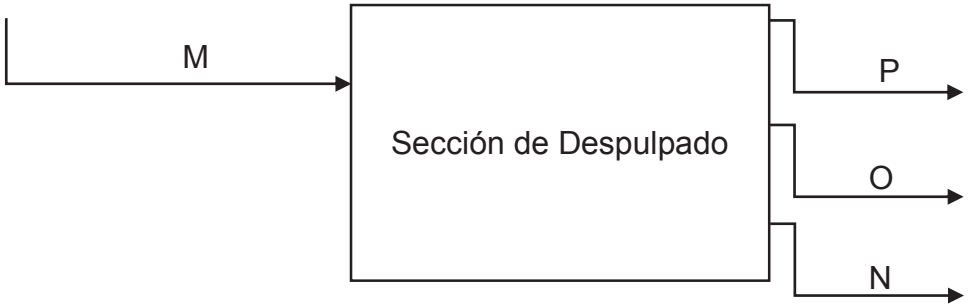


Figura AIII.5 Diagrama de la Sección de Despulpadora

Donde:

N Corriente de Pulpa extraída en la sección de despulpado

M Mango refrigerado a despulpado

O Cascara desechada

P Semilla desechada

Ecuación de Balance Global

$$M = P + O + N \qquad \text{[AIII.13]}$$

Sustituyendo el valor de N, queda,

$$M - P - O = 846{,}108\,\frac{kg}{día}$$

De las relaciones extraídas del Anexo II, se plantea entonces:

$$P = 0{,}1355M \qquad \text{[AIII.14]}$$

$$O = 0{,}1786M \qquad \text{[AIII.15]}$$

Sustituyendo a AIII.14 y AIII.15 en AIII.13, se obtiene,

$$M = \frac{846{,}108\ \frac{kg}{día}}{(1 - 0{,}1355 - 0{,}1786)} = 1\ 233{,}57\ \frac{kg}{día}$$

Sustituyendo a M en AIII.14 y AIII.15, queda finalmente,

$$P = 167{,}148 \frac{kg}{día}$$

$$O = 216{,}43 \frac{kg}{día}$$

Balance en la sección de Clasificación

La sección de clasificación puede representarse según la Figura AIII.6, como sigue,

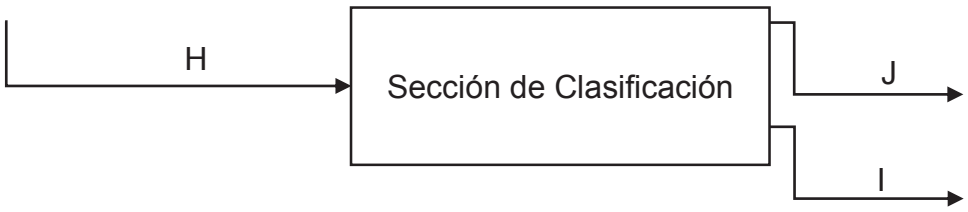


Figura AIII.6 Diagrama de la Sección de Clasificación

Donde:

H Fruta desinfectada a clasificación

J Fruta a maduración

I Fruta a refrigeración

Ecuación de Balance Global

$$H = J + I \qquad \text{[AIII.16]}$$

Ahora el balance se plantea en base de tiempo de jornada diaria, de donde,

$$I = M = 1\,233{,}57\,\frac{kg}{dia} \qquad \text{[AIII.17]}$$

Para un máximo de 20% de fruta con índice de maduración por debajo del esperado, se establece entonces,

$$J = 0{,}20 * H \qquad \text{[AIII.18]}$$

Sustituyendo a AIII.15 y AIII.14 en AIII.13, queda entonces,

$$H = \frac{1\,233{,}574\,\frac{kg}{dia}}{(1 - 0{,}2)} = 1\,541{,}967\ \frac{kg}{dia}$$

Sustituyendo H en AIII.5, se obtiene finalmente,

$$J = 308{,}393\ \frac{kg}{dia}$$

Balance en la sección de Desinfección

La sección de desinfección puede representarse según la Figura AIII.7, como sigue,

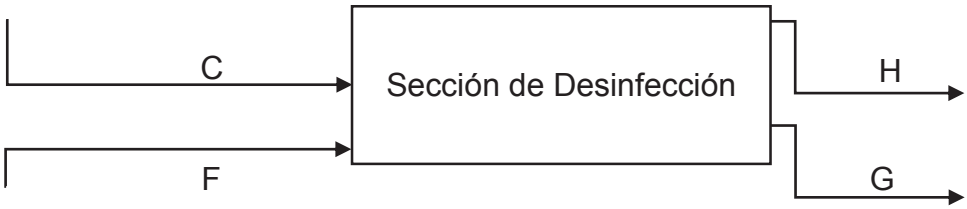


Figura AIII.7 Diagrama de la Sección de Desinfección

Donde:

C Fruta lavada a desinfección

F Agua de desinfección

G Agua a desagüe

H Fruta desinfectada

Balance Global

$$C = H = 1\,541{,}967\,\frac{kg}{dia} \qquad \text{[AIII.19]}$$

Para 1 Kg agua empleado por cada kg de fruta, se tiene entonces,

$$F = G = 1\,541{,}967\,\frac{kg}{dia} * \frac{1\,kg\,agua}{1\,kg\,fruta} = 1\,541{,}967\,\frac{kg}{dia} \qquad \text{[AIII.20]}$$

Balance en la sección de Limpieza

La sección de limpieza puede representarse según la Figura AIII.8, como sigue,

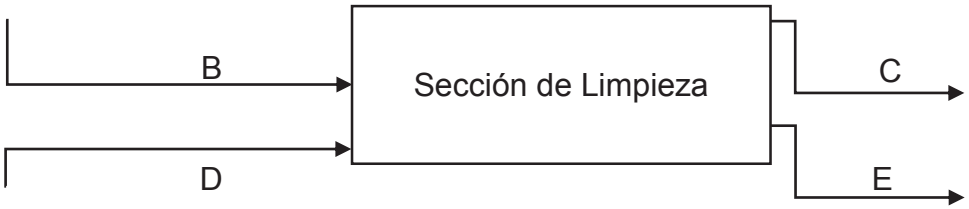


Figura AIII.8 Diagrama de la Sección de Desinfección

Donde:

B Fruta proveniente de bandas transportadoras

D Agua de limpieza

C Fruta lavada

E Agua + Impurezas

Ecuación de Balance Global

$$B + D = E + C \qquad \text{[AIII.21]}$$

Sustituyendo el valor de C, se obtiene,

$$B + D - E = 1\,541{,}967\,\frac{kg}{dia}$$

De la relación dada en el Anexo II, se sabe que el agua de lavado sale del sistema con un 0,4% de la fruta (que son las impurezas), expresándose de la forma,

$$E = D + 0{,}004B \qquad \text{[AIII.22]}$$

Sabiendo también que,

$$D = B \qquad \text{[AIII.23]}$$

Sustituyendo las ecuaciones AIII.22 en AIII.13 y en AIII.21, queda el sistema,

$$2D - E = 1\,541{,}967\,\frac{kg}{dia} \qquad \text{[AIII.24]}$$

$$1{,}004\,D - E = 0 \qquad \text{[AIII.25]}$$

Resolviendo el sistema propuesto entre AIII.24 y AIII.25, resultando,

$$E = 1\,554{,}353\,\frac{kg}{día}$$

$$B = D = 1\,548{,}16\,\frac{kg}{día}$$

De la sección de recepción, se sabe que del balance global,

$$A = B = 1\,548{,}16\,\frac{kg}{día} \qquad \text{[AIII.26]}$$

Para 1 año de labor, correspondiente a 125 días para el caso de cada fruta, corresponde entonces,

$$A = 1\,548{,}16\ \frac{kg}{día} * \frac{1\ Ton}{1\ 000\ kg} * \frac{125\ días}{1\ año} = 193{,}52 \frac{Ton}{año}$$

AIII.2 Balance de masa para el Melón

Partiendo de una producción de 37,5 Toneladas de pulpa pulverizada de melón por ciclo anual de producción (125 días laborables por los 6 meses de cosecha), entonces:

Corriente Z

$$Z = 37\ 500\ \frac{kg}{año} * \frac{1\ año}{125\ días} = 300 \frac{kg}{día} \qquad \text{[AIII.27]}$$

Balance en el secador

La sección de secado puede representarse según la Figura AIII.9, como sigue,

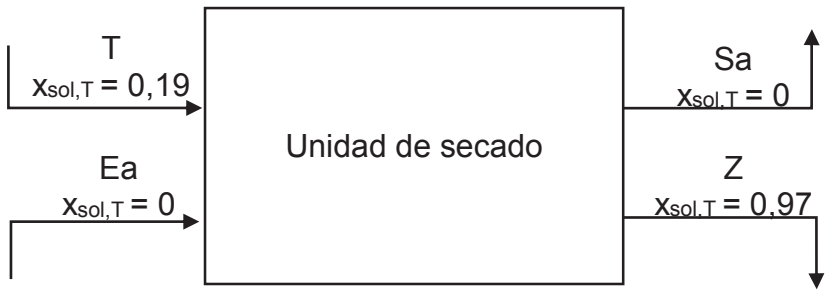


Figura AIII.9 Diagrama de la Sección de Secado

Donde:

T Corriente de pulpa húmeda acondicionada

Ea Corriente de entrada de aire

Z Corriente de pulpa seca

Sa Corriente de salida de aire

Del balance por componentes para sólidos se establece,

$$0{,}19T = 0{,}97Z \qquad \text{[AIII.28]}$$

Quedando entonces,

$$T = \frac{0{,}97Z}{0{,}19} = \frac{0{,}97 * 300\,\frac{kg}{día}}{0{,}19} = 1\,527{,}84\ \frac{kg}{día}$$

El balance para aire se puede detallar en el Anexo AIII.3

Balance en la sección de acondicionamiento

La sección de acondicionamiento puede representarse según la Figura AIII.10, como sigue,

Figura AIII.10 Diagrama de la Sección de Acondicionamiento

Donde:

S1 Corriente de Maltodextrina

R Corriente de pulpa filtrada

T Corriente de pulpa acondicionada

Ecuación de Balance Global

$$R + S_1 = T \qquad \text{[AIII.29]}$$

Balances por componente

- **Para Maltodextrina**

$$S_1 = 0{,}10\ T \qquad \text{[AIII.30]}$$

Sustituyendo el valor de T, queda,

$$S_1 = 153{,}156 \frac{kg}{día}$$

Sustituyendo el valor de S_1 en la Ecuación AIII.29:

$$R = 1\ 378{,}416\ \frac{kg}{día}$$

Determinando la composición de solidos solubles (°Brix) en la pulpa acondicionada partiendo de un balance por componentes,

$$0{,}10\ R = x_{SST,T}\ T \qquad \text{[AIII.31]}$$

Sustituyendo el valor de R y T se obtiene,

$x_{SST,T} = 0{,}09$ (9 °Brix)

Balance en la sección de filtración

La sección de filtración puede representarse según la Figura AIII.11, como sigue,

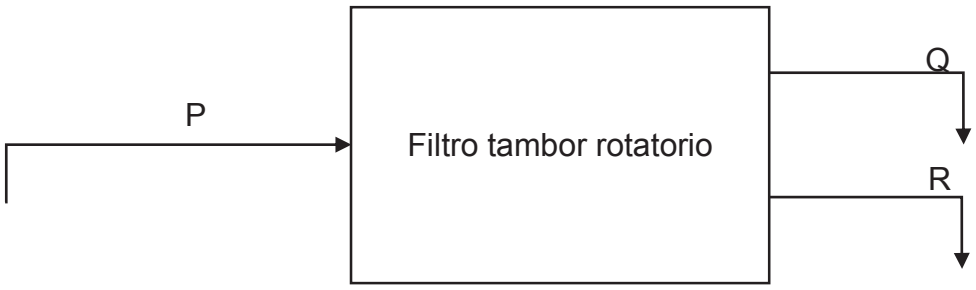


Figura AIII.11 Diagrama de la Sección de Filtración

Donde:

P Corriente de Pulpa

Q Torta de filtrado (desecho)

R Corriente de pulpa filtrada

Ecuación de Balance Global

$$P = R + Q \qquad \text{[AIII.32]}$$

Sustituyendo el valor de R, queda,

$$P - Q = 1\,378{,}416\,\frac{kg}{día}$$

De la relación extraída del Anexo II, se plantea entonces:

$$Q = 0{,}0294\,Rz \qquad \text{[AIII.33]}$$

Sustituyendo a AIII.8 en la Ecuación AIII.7, queda,

$$P = \frac{1378{,}416\frac{kg}{día}}{(1-0{,}0294)} = 1\,420{,}176\,\frac{kg}{día} \qquad \text{[AIII.34]}$$

Sustituyendo a P en la Ecuación AIII.7, queda finalmente,

$$Q = 41{,}748\,\frac{kg}{h}$$

Balance en la sección de Despulpado

La sección de despulpado puede representarse según la Figura AIII.12, como sigue.

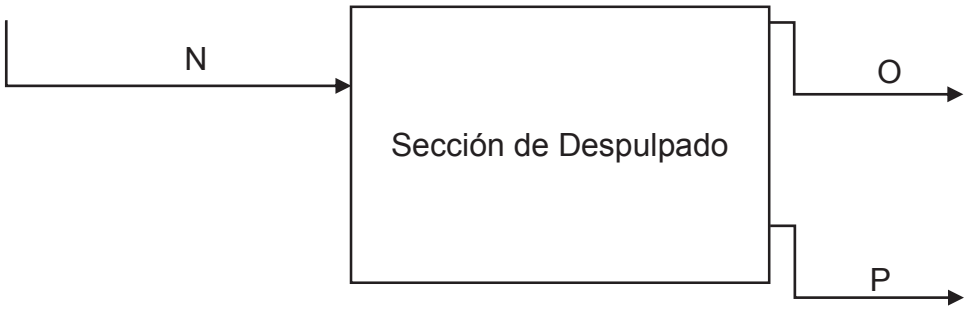


Figura AIII.12 Diagrama de la Sección de Despulpadora

Donde:

P Corriente de Pulpa extraída en la sección de despulpado

N Melón pelado refrigerado a despulpado

O Semilla desechada

Ecuación de Balance Global

$$P = O + N \qquad \text{[AIII.35]}$$

Sustituyendo el valor de N, queda,

$$P - O = 1\,418{,}76\ \frac{kg}{día}$$

De las relaciones extraídas del Anexo II, se plantea entonces:

$$O = 0{,}0275\ N \qquad \text{[AIII.36]}$$

Sustituyendo a AIII.36 en AIII.35, se obtiene,

$$N = \frac{1\,418{,}76\ \frac{kg}{día}}{(1 - 0{,}0275)} = 1\,458{,}876\ \frac{kg}{día}$$

Sustituyendo a N en AIII.36, queda finalmente.

$$O = 40{,}116\ \frac{kg}{día}$$

Balance en la sección de Pelado

La sección de pelado puede representarse según la Figura AIII.13, como sigue,

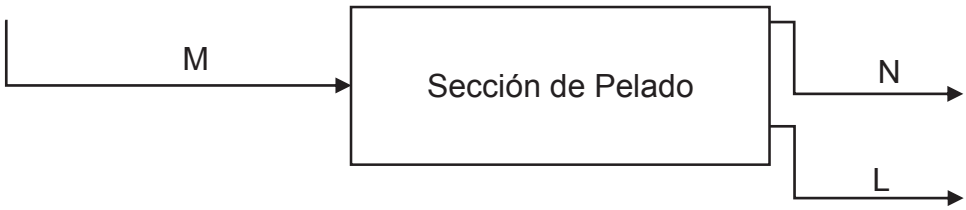


Figura AIII.13 Diagrama de la Sección de Pelado de Melón

Donde:

N Melón pelado en trozos

L Cáscara de melón

M Fruta refrigerada

Ecuación de Balance Global

$$M = N + L \qquad \text{[AIII.37]}$$

De las relaciones extraídas del Anexo II, se plantea entonces:

$$L = 0{,}2776\, M \qquad \text{[AIII.38]}$$

Ahora el balance se plantea en base de tiempo de jornada diaria, de donde,

$$N = 1\,458{,}876\,\frac{kg}{dia} \qquad \text{[AIII.39]}$$

Sustituyendo a AIII.38 y AIII.39 en AIII.37, se obtiene,

$$M = \frac{1\,458{,}876\,\frac{kg}{dia}}{(1 - 0{,}2776)} = 2\,019{,}48\,\frac{kg}{dia}$$

Sustituyendo a I en AII.37, queda finalmente,

$$L = 560{,}608\,\frac{kg}{h}$$

Balance en la sección de Clasificación

La sección de clasificación puede representarse según la Figura AIII.14, como sigue,

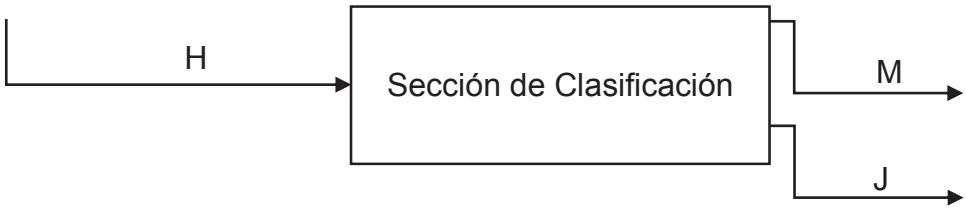


Figura AIII.14 Diagrama de la Sección de Clasificación de Melón

Donde:

H Melón desinfectado a clasificación

J Fruta a maduración

M Fruta a refrigeración

Ecuación de Balance Global

$$H = M + J \qquad \text{[AIII.40]}$$

Para un máximo de 20% de fruta con índice de maduración por debajo del esperado, se establece entonces,

$$J = 0{,}20 * H \qquad \text{[AIII.41]}$$

Sustituyendo a AIII.41 en AIII.40, queda entonces,

$$H = \frac{2\,019{,}48\,\frac{kg}{dia}}{(1 - 0{,}2)} = 2\,524{,}35\ \frac{kg}{dia}$$

Sustituyendo H en AIII.40, se obtiene finalmente,

$$J = 504{,}871\,\frac{kg}{dia}$$

Balance en la sección de Desinfección

La sección de desinfección puede representarse según la Figura AIII.15, como sigue,

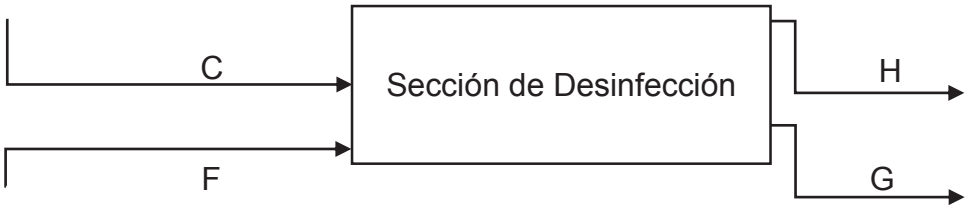


Figura AIII.15 Diagrama de la Sección de Desinfección

Donde:

C Fruta lavada a desinfección

F Agua de desinfección

G Agua a desagüe

H Fruta desinfectada

Balance Global

$$C = H = 2\,524{,}35\,\frac{kg}{dia} \qquad \text{[AIII.42]}$$

Para 1 Kg agua empleado por cada Kg de fruta, se tiene entonces,

$$F = G = 2\,524{,}35\,\frac{kg}{dia} * \frac{1\,Kg\,agua}{1\,Kg\,fruta} = 2\,524{,}35\,\frac{kg}{dia} \qquad \text{[AIII.43]}$$

Balance en la sección de Limpieza

La sección de limpieza puede representarse según la Figura AIII.16, como sigue,

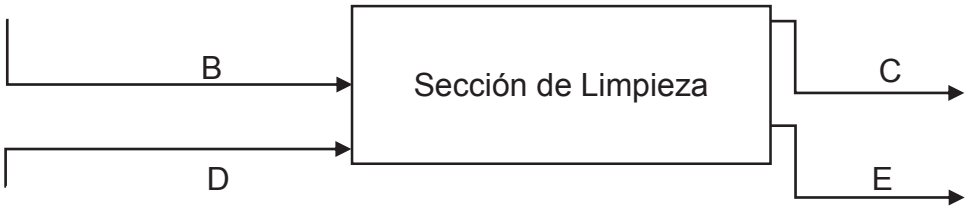


Figura AIII.16 Diagrama de la Sección de Limpieza

Donde:

B Fruta proveniente de bandas transportadoras

D Agua de limpieza

C Fruta lavada

E Agua + Impurezas

Ecuación de Balance Global

$$B + D = E + C \qquad \text{[AIII.44]}$$

Sustituyendo el valor de C, se obtiene,

$$B + D - E = 2\,524{,}35\,\frac{kg}{día}$$

De la relación dada en el Anexo II, se sabe que el agua de lavado sale del sistema con un 0,5% de la fruta (que son las impurezas), expresándose de la forma,

$$E = D + 0{,}005B \qquad \text{[AIII.45]}$$

Sabiendo también que,

$$D = B \qquad \text{[AIII.46]}$$

Sustituyendo las ecuaciones AIII.45 en AIII.46 y en AIII.44, queda el sistema,

$$2D - E = 2\,524{,}35\,\frac{kg}{día} \qquad \text{[AIII.47]}$$

$$1{,}005D - E = 0 \qquad \text{[AIII.48]}$$

Resolviendo el sistema propuesto entre AIII.21 y AIII.22, tenemos:

$$E = 2\,549{,}72\ \frac{kg}{día}$$

$$B = D = 2\,537{,}039\ \frac{kg}{día}$$

De la sección de recepción, se sabe que del balance global.

$$A = B = 2\,537{,}039\ \frac{kg}{día} \qquad \text{[AIII.49]}$$

Para 1 año de labor, correspondiente a 125 días para el caso de cada fruta, corresponde entonces,

$$A = 2\,537{,}039\ \frac{kg}{día} * \frac{1\ Ton}{1000\ kg} * \frac{125\ días}{1\ año} = 317{,}13 \frac{Ton}{año}$$

AIII.3 Balances de masa y energía en el Secado por Aspersión

Planteamiento de ecuaciones de balances de masa

Se tomó como referencia aire de entrada a 25°C y 90% de humedad relativa correspondiente a la zona de instalación de la unidad productiva, con la ayuda de la carta psicrométrica a presión atmosférica se determinó que se tendrá una fracción de agua de 0,000766 y que a la salida del calentador se espera encontrar el aire con una humedad relativa menor al 1%.

La representación del sistema de secado por aspersión se muestra en la Figura AIII.17, como sigue:

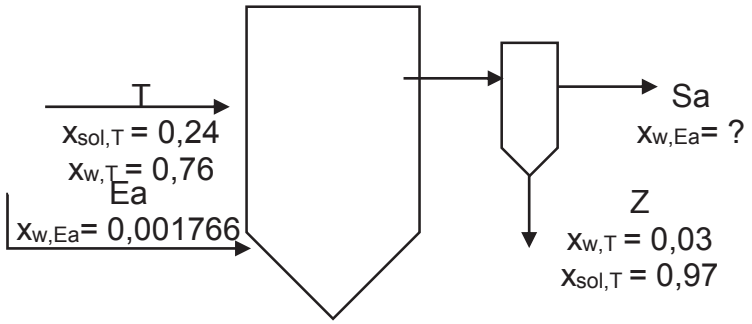


Figura AIII.17 Diagrama de la Sección de Secado

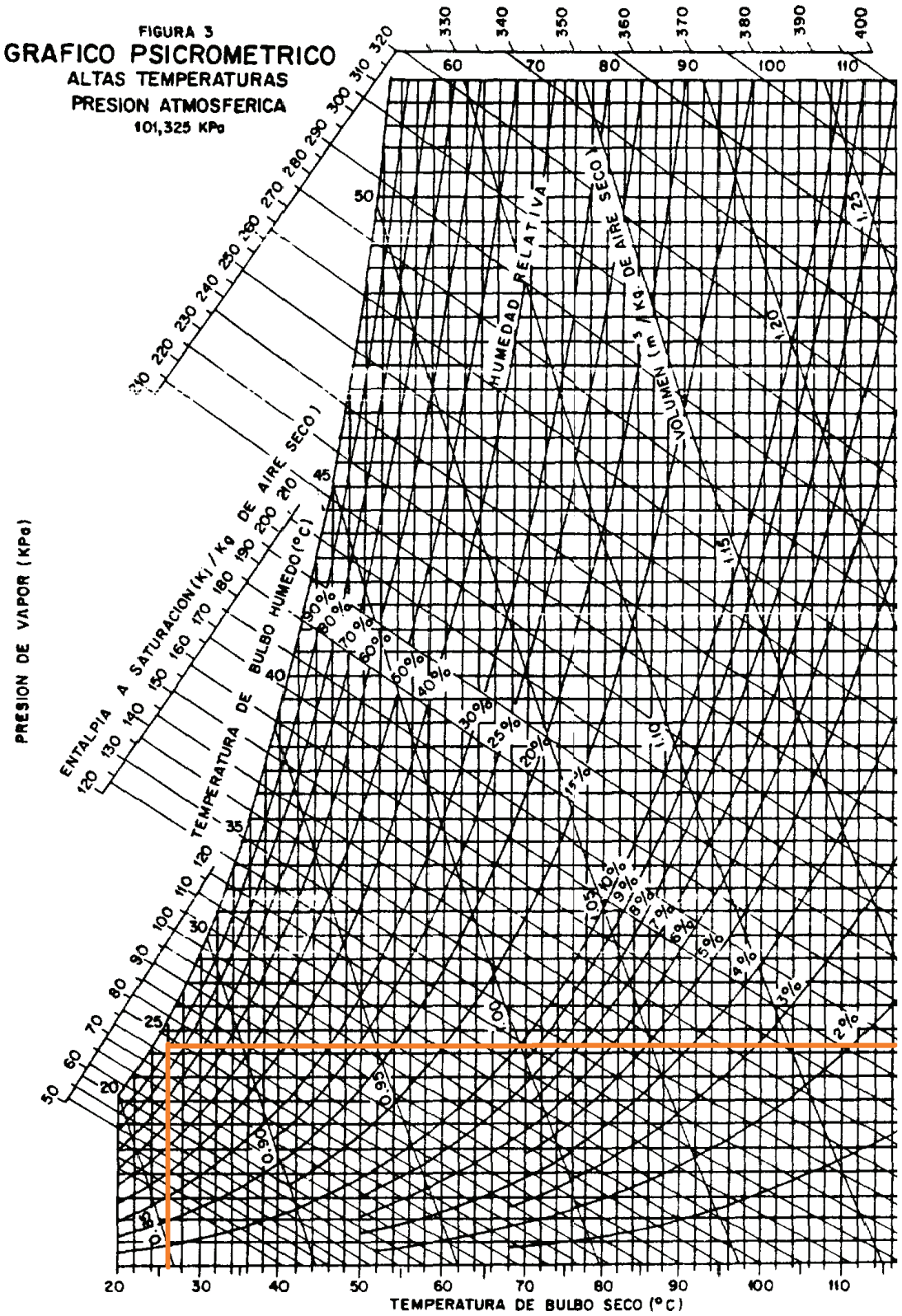


Figura AIII.18. Gráfico psicrométrica a presión atmosférica

(Hanter, 1984, p.132).

Balance para aire en base seca

$$Ea\left(1-x_{w,Ea}\right)=Sa\left(1-x_{w,Sa}\right)=\dot{m}_{aire\ seco} \qquad \text{[AIII.50]}$$

Balance para el agua

$$T\ x_{w,T}+Ea\ \cdot x_{w,Ea}=Sa\ \cdot x_{w,Sa}+Z\ \cdot x_{w,Z} \qquad \text{[AIII.51]}$$

Planteando las ecuación de balance de energía

$$T\ \hat{h}_T+\dot{m}_{aire\ seco}\ \hat{H}_{Ea}=\dot{m}_{aire\ seco}\ \cdot \hat{H}_{Sa}+Z\ \cdot \hat{h}_Z \qquad \text{[AIII.52]}$$

Desarrollando las entalpías de cada corriente,

Estado de referencia: Agua (l), Aire (g), Sólidos(s) a 0°C y 1 atm

Para la entalpia de sólidos:

$$\hat{h}_T\ =\left[c_{p,sol}\cdot\left(1-x_{w,T}\right)+c_{p,agua(l)}\cdot x_{w,T}\right]\cdot T_{ent}=c_{p,T}\cdot T_{ent} \qquad \text{AIII.53]}$$

$$\hat{h}_Z\ =\left[c_{p,sol}\cdot\left(1-x_{w,Z}\right)+c_{p,agua(l)}\cdot x_{w,Z}\ \right]\cdot T_{ent}\ =c_{p,Z}\cdot T_{ent} \qquad \text{[AIII.54]}$$

Para determinar el Calor Específico del Sólido, se parte de las siguientes premisas, se definió la composición de la pulpa únicamente con fibra, azúcar y ceniza, se tomó como referencia una temperatura de 25 ºC y para el cálculo se utilizaron las ecuaciones de la Tabla AIII.1 (Álvarez G. , 1999, pág. 145).

Tabla AIII.1 Correlaciones para el cálculo de calor específico en función de la temperatura

Componente	Cp (kJ/(Kg °C))
Azúcar	$1{,}5488 + 1{,}9625 * 10^{-3}\,\mathrm{T} - 5{,}9399 * 10^{-6}\,T^2$
Fibra	$1{,}8459 + 1{,}8306 * 10^{-3}\,\mathrm{T} - 4{,}6508 * 10^{-6}\,T^2$
Ceniza	$1{,}0926 + 1{,}8896 * 10^{-3}\,\mathrm{T} - 3{,}6817 * 10^{-6}\,T^2$
Proteína	$2{,}0082 + 1{,}2089 * 10^{-3}\,\mathrm{T} - 1{,}3129 * 10^{-6}\,T^2$

(Álvarez G. , 1999, pág. 145)

Con esas consideraciones, se obtuvieron los siguientes valores

Cp Azúcar: 1,594 kJ/(Kg ºC)

Cp Fibra: 1,889 kJ/(Kg ºC)

Cp Ceniza: 1,138 kJ/(Kg ºC)

Por lo tanto, considerando la capacidad calorífica de los sólidos como un promedio de los tres componentes considerados, se tiene:

$$c_{p,sol} = \frac{Cp\ azúcar + Cp\ fibra + Cp\ ceniza}{3} \qquad \text{[AIII.55]}$$

$$c_{p,sol} = 1{,}540\,\frac{kJ}{Kg\ ºC}$$

Para la entalpía del aire,

$$\widehat{H}_{a,h} = c_{p,aire\ h} \cdot T + \left(\frac{x_{w,a}}{1-x_{w,a}}\right) \cdot \lambda \qquad \text{[AIII.56]}$$

Donde

$\widehat{H}_{a,h}$ Entalpía específica del aire húmedo (KJ/Kg aire seco)

$\left(\frac{x_{w,a}}{1-x_{w,a}}\right)$ Humedad absoluta del aire

λ Calor latente de vaporización del agua (2257 KJ/Kg)

$c_{p,aire\ h}$ Calor específico del aire húmedo, calculado de la forma:

$$c_{p,aire\ h} = c_{p,aire\ s} + c_{p,agua\ (v)} \left(\frac{x_{w,a}}{1-x_{w,a}}\right) \qquad \text{[AIII.57]}$$

Combinando las ecuaciones AIII.50 hasta las AIII.56, queda la temperatura final (salida del secador) definida como:

$$T_{sal} = \frac{T\hat{h}_T + \dot{m}_{aire\ seco} \cdot \left[\hat{H}_{Ea} - \left(\frac{x_{w,a}}{1-x_{w,a}}\right) \cdot \lambda\right]}{\dot{m}_{aire\ seco} \cdot \left[c_{p,aire\ h} + Z \cdot c_{p,Z}\right]} \qquad \text{[AIII.58]}$$

Algoritmo de cálculo para determinar flujo de aire requerido

El algoritmo de resolución para determinar el flujo de aire requerido, se observa en la Figura AIII.18.

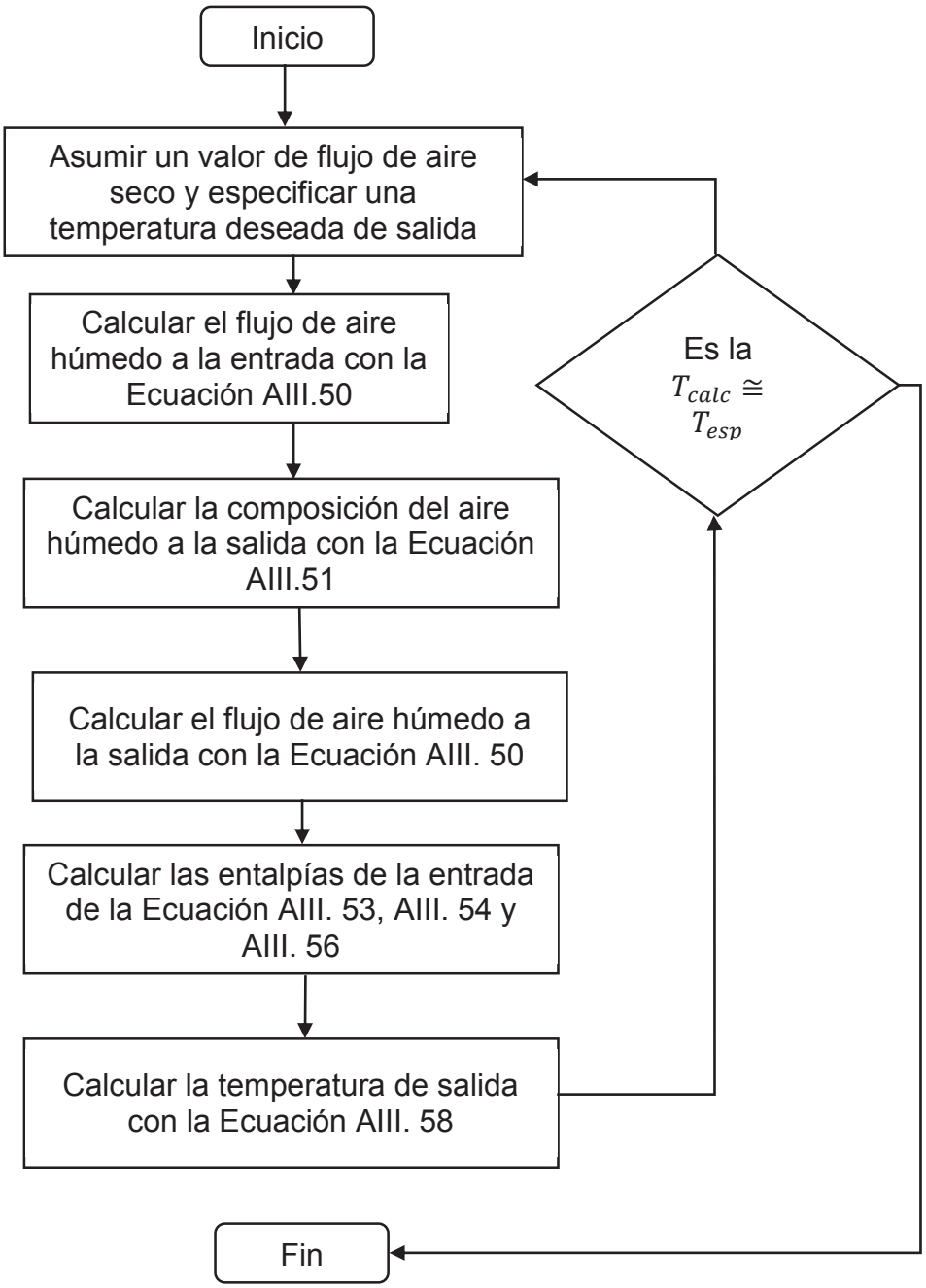


Figura AIII.19 Algoritmo de cálculo de la Sección de Secado

Es importante verificar que a la salida del aire, la humedad absoluta calculada se encuentre por debajo de la humedad de saturación, calculada a partir de la Ecuación AIII.59, expresada como fracción peso de humedad del aire húmedo,

$$x_{w,a,max} = \frac{\exp(0{,}0599T - 5{,}4276)}{1 + \exp(0{,}0599T - 5{,}4276)} \quad \text{[AIII.59]}$$

Para el caso de estudio, dicho algoritmo fue resuelto empleado la herramienta SOLVER de Excel®, obteniéndose los siguientes resultados para ambos casos, presentados en la Tabla AIII.2.

Tabla AIII.2 Flujos de aire seco, aire húmedo y temperatura de salida para cada uno de los casos de estudio: mango y melón

Parámetro	Caso Mango	Caso Melón
Temperatura de salida[1]	78,50 °C	78,50 °C
Flujo de Aire seco requerido	1 784,6 kg/h	2 399,8 kg/h
Temperatura de entrada aire	180 °C	180 °C
Temperatura de entrada pulpa	10 °C	10 °C
Flujo de Aire húmedo a la salida	1 862,0 kg/h	2 504,2 kg/h
Evaporación obtenida	76 kg/h	102,6 kg/h
Humedad relativa del aire salida	4,2%	4,2%
Relación Aire seco req./ Evaporación obtenida	23,47 p/p	23,38 p/p

[1]Fijada según los datos de Solval et. al., 2012

ANEXO IV

SIMULACIÓN DEL SECADO POR ASPERSIÓN

AIV.1 Simulación Secado por aspersión

El montaje de la simulación bajo la interfaz gráfica del simulador Super Pro Designer se muestra a continuación en la Figura AIV.1.

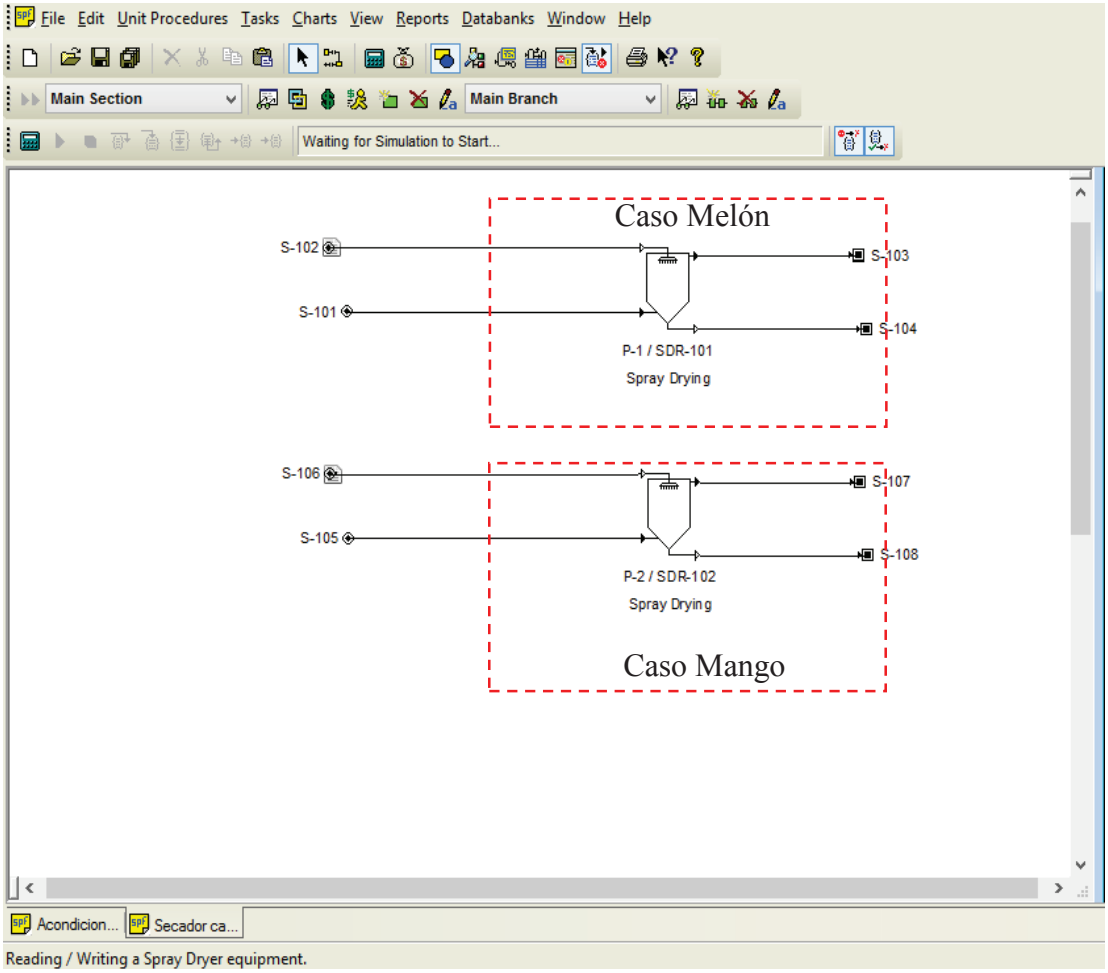


Figura AIV.1 Montaje de Simulación bajo el enfoque de Super Pro Designer

Los resultados de la simulación se presentan a continuación en la Tabla AIV.1.

Tabla AIV.1 Resultados Simulación bajo el enfoque de Super Pro Designer

Equipment Report

for Secador caso melon y mango

1. EQUIPMENT SUMMARY (2018 prices)

Name	Type	Units	Standby/ Staggered	Size (Capacity)		Material of Construction
SDR-101	Spray Dryer	1	0/0	1,026.32	L	SS316
SDR-102	Spray Dryer	1	0/0	760.40	L	SS316

Stream Name	S-102	S-101	S-103	S-104
Source	INPUT	INPUT	P-1	P-1
Destination	P-1	P-1	OUTPUT	OUTPUT
Stream Properties				
Activity (U/ml)	0.00	0.00	0.00	0.00
Temperature (°C)	25.00	180.00	78.50	78.50
Pressure (bar)	1.01	1.01	1.01	1.01
Density (g/L)	1,048.32	0.78	0.98	1,311.75
Total Enthalpy (kW-h)	3.24	123.72	134.81	0.83
Specific Enthalpy (kcal/kg)	21.86	44.33	46.32	28.73
Heat Capacity (kcal/kg-°C)	0.87	0.25	0.25	0.37
Component Flowrates (kg/h)				
Ash	8.083	0.000	0.000	8.083
Glucose	8.083	0.000	0.000	8.083
Nitrogen	0.000	1,840.884	1,840.884	0.000
Oxygen	0.000	558.857	558.857	0.000
Pectin	8.083	0.000	0.000	8.083
Water	103.382	1.840	104.471	0.750
TOTAL (kg/h)	127.630	2,401.580	2,504.212	24.998
TOTAL (L/h)	121.747	3,096,769.198	2,567,519.830	19.057

Stream Name	S-106	S-105	S-107	S-108
Source	INPUT	INPUT	P-2	P-2
Destination	P-2	P-2	OUTPUT	OUTPUT
Stream Properties				
Activity (U/ml)	0.00	0.00	0.00	0.00
Temperature (°C)	25.00	180.00	78.50	78.50
Pressure (bar)	1.01	1.01	1.01	1.01
Density (g/L)	1,063.41	0.78	1.04	1,311.75
Total Enthalpy (kW-h)	0.00	79.36	31.68	0.57
Specific Enthalpy (kcal/kg)	0.00	38.26	14.65	19.58
Heat Capacity (kcal/kg-°C)	0.84	0.25	0.27	0.37
Component Flowrates (kg/h averaged)				
Ash	8.083	0.000	0.000	8.083
Glucose	8.083	0.000	0.000	8.083
Nitrogen	0.000	1,368.002	1,368.002	0.000
Oxygen	0.000	415.299	415.299	0.000
Pectin	8.083	0.000	0.000	8.083
Water	76.790	1.367	77.407	0.750
TOTAL (kg/h)	101.040	1,784.668	1,860.709	25.000
TOTAL (L/h)	95.015	2,301,279.288	1,783,710.880	19.058

ANEXO V

CÁLCULOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS

AV.1. CÁLCULOS PARA LA SELECCIÓN DEL DRENCHER DE LIMPIEZA (DR-101)

Para el diseño de un Drencher de limpieza hay que tomar en cuenta los siguientes aspectos:

a. La fruta a procesar será ubicada en javas plásticas de 55 x 40 x 26,8 cm, que son las utilizadas en la industria (Plastipol, 2018).
b. Tanto el mango como el melón serán lavados con agua potable.
c. Se estima procesar 1 548 kg/día de mango y 2 537 kg/día de melón.
d. Para las dimensiones del Drencher, los consumos de energía y de agua se tomó como referencia un manual de un Drencher de cadenas producido por la industria de equipos Decco Ibérica especializada en Pos-cosecha de frutas (Ibérica, 2018).
e. Las dimensiones de la cabina y la disposición de los atomizadores se calculará para la limpieza de 2 canastas plásticas dispuestas una sobre otra.

Volumen de cada java plástica:

$$Vcanasta = 0{,}55\,m * 0{,}40\,m * 0{,}268\,m = 0{,}05896\,m^3 \qquad [AV.1]$$

Volumen aproximado que ocupa cada melón:

$$Vmelon = 0{,}15\,m * 0{,}15\,m * 0{,}15\,m = 0{,}003375\,m^3 = 3\,375\,cm^3 \qquad [AV.2]$$

Volumen aproximado que ocupa por cada mango:

$$Vmelon = 0{,}10 * 0{,}09 * 0{,}07 = 0{,}00063\,m^3 = 630\,cm^3 \qquad [AV.3]$$

Cantidad de melón por canasta: Largo Entero (0,55/ 0,15) ≈ 3

Ancho Entero (0,40 / 0,15) ≈ 2

Alto Entero (0,268 / 0,15) ≈ 1

Cantidad de melón por canasta = 3 * 2 * 1 = 6 unidades

Cantidad de mango por canasta: Largo Entero (0,55/ 0,10) ≈ 5
Ancho Entero (0,40 / 0,09) ≈ 4
Alto Entero (0,268 / 0,07) ≈ 3

Cantidad de mango por canasta = 5 * 4 * 3 = 60 unidades

Peso promedio mango: 300 g
Peso promedio melón: 1 200 g

Capacidad en peso de las canastas:
Para mango:
300 g * 60 = 18 000 g = 18 kg
Para melón:
1200 * 6 = 7 200 g = 7,2 kg

Número de canastas necesarias:
Para mango:
1548 (kg/día) / 18 kg = 86 canastas / día
86 / 4 = 21,5 canastas por hora

Para melón:
2537 kg/día / 7,2 kg ≈ 352 canastas / día
352/ 4 = 88 canastas por hora

$$Altura\ de\ cabina\ =\ 2\ *\ 0{,}268m\ =\ 0{,}536\ m \qquad [AV.4]$$

Ancho banda trasportadora de cadenas = 0,50 cm

La limpieza de las frutas se la va a realizar en la mañana por lo que se operará 4 horas al día, por lo tanto se deberá lavar 22 canastas de mango por hora y 88 canastas de melón por hora.

La cabina contará con 4 aspersores dispuestos dos en la parte superior y un aspersor a cada lado de la cabina, el largo de la banda trasportadora debe cubrir un espacio mínimo de dos operarios en sus extremos, por lo tanto el largo de la banda de cadenas será de 2,30 m.

La altura de la cabina del Drencher será de 53 cm.
Cada canasta permanecerá en la cabina durante 10 s.
Se consideró la altura de la banda trasportadora a 1,10 m de altura, por lo cual la altura de la cabina fue de 1,53 m.
Para los cálculos energéticos se tomó en cuenta la utilización de una bomba eléctrica de 2hp de potencia (Ibérica, 2018, p.8).

2 hp = 1,4914 kw

AV.2. CÁLCULOS PARA LA SELECCIÓN DEL POZO DE INMERSIÓN

Para el pozo de inmersión se debe asegurar la temperatura del agua menor a 10 ºC, por lo que la recirculación del agua y su filtración deben ser rápidas y agiles, por lo tanto el pozo de inmersión tendrá dos desfogues de agua.

El pozo de inmersión deberá recibir 126 kg (base melón) de fruta por lote, procesando cada lote en un tiempo estimado de 10 minutos, hasta completar un total de 20 lotes de fruta diarios procesados. En base a esta capacidad se determinaron sus dimensiones.

El volumen que el pozo de inmersión recibirá será el volumen que ocupa la fruta, más el volumen que ocupa el agua de limpieza

Volumen de agua de limpieza: 3 L de agua por kg de fruta

$$Volumen\ de\ agua\ requerido: 3 * 757 = 378\ L\ (0{,}38\ m^3) \qquad [AV.5]$$

Volumen total requerido para el pozo de inmersión:

$$Vreq = 378\ \mathrm{L} + (3\ 375\ \mathrm{cm}^3/1{,}2\ \mathrm{Kg} * 126\ \mathrm{Kg})\ \mathrm{cm}^3 \frac{1\ L}{1000\ \mathrm{cm}^3} = 732{,}4\ \mathrm{L} \qquad [AV.6]$$

Para el cálculo de la altura del pozo de inmersión se van a dejar libres del borde 20 cm, para evitar desbordamiento de agua.

El pozo de inmersión deberá asegurar la inmersión de toda la fruta y permitir la manipulación de la misma por los operarios, por lo cual la profundidad máxima se la estableció en 50 cm.

El pozo de inmersión tendrá una geometría de tronco de pirámide para su cálculo se utilizó la fórmula [AV.7] del volumen de tronco de pirámide reportada por (Moreno, 2000, p.298).

El ancho del pozo de inmersión será de 0,60 m, lo que permitirá la fácil manipulación de la fruta por el operario.

$$Volúmen = \frac{h}{3} * \left(A_{BM} + A_{Bm} + \sqrt{A_{BM} * A_{Bm}}\right) \qquad [AV.7]$$

Donde

AbM: Área de la base mayor del tronco (m^2)

Abm: Área de la base menor del tronco (m^2)

h: Altura del tronco (m)

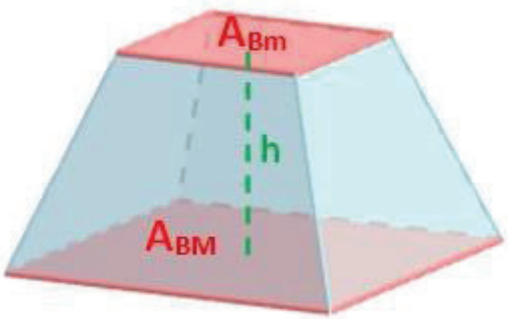


Figura AV.1 Geometría del Pozo de inmersión

Volumen= 732,4 litros = 732 400 cm^3

$$h = 50cm - 20\ cm = 30\ cm \qquad [AV.8]$$

$$AbM = 60 * L\ cm \qquad [AV.9]$$

$$Abm = 40 * (L - 30)\ cm \qquad [AV.10]$$

Sustituyendo a AV.8, AV.9 y AV.10 en la Ecuación AV.7, queda la expresión:

$$732400 = 30/3 * (60 * L + 40 * (L - 30) + \sqrt{(60 * L) * (40 * (L - 30))}$$

Despejando L, queda:

L = 504,6 cm ≈ 5,05 m

AV.3. CÁLCULOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL DESPULPADOR (DP-101)

Diseño de la tolva.- Al tomar como fruta principal para el diseño de la despulpadora el mango, se mantiene un diseño que asegure el proceso de 260 Kg/h de fruta (mango), para el dimensionamiento de la tolva de alimentación se tomaron como figuras geométricas una tronco de pirámide y un cubo, la tolva debe recibir una canasta de 18 kg de mango, para el cálculo del volumen de la tolva se utilizaron la Ecuación [AV.11] para el volumen del tronco de pirámide y la Ecuación [AV.12] para el volumen de un cubo (Moreno, 2000) p. 295.

Volumen de tolva de alimentación:

$$Volumen_1 = \frac{h}{3} * \left(A_{BM} + A_{Bm} + \sqrt{A_{BM} * A_{Bm}}\right) \qquad [AV.11]$$

$$Volumen_2 = L * A * h_2 \qquad [AV.12]$$

Donde:

L: Largo (m)

A: Ancho (m)

h_2: Altura (m)

El largo de la tolva de alimentación será de 40 cm y su ancho de 40 cm, dimensiones tomadas para aumentar la comodidad al momento de descargar la fruta por los operarios.

Las dimensiones de la entrada de la fruta al despulpador se mantendrán de acuerdo a las propuestas por el diseño de (Tirira, 2014), que permite la entrada de mango sin dificultades.

La medida de h fue de 20 cm (Tirira, 2014, p.47).

Volumen de mango por canasta (V mc):

$$Vmc = 378\ cm^3 * 60\ unidades = 37800\ cm^3 \qquad \text{[AV.13]}$$

Cálculo de la altura del cubo (h_2):

$$20/3 * (40 * 40 + 11 * 10 + \sqrt{(40 * 40) * (11 * 10)})) + 40 * 40 * h_2 = 37800\ cm^3 \qquad \text{[AV.14]}$$

Despejando h_2, queda finalmente:

$$h_2 = 14{,}75\ cm$$

Se van a dejar 10 cm desde el borde de la tolva para evitar desbordamiento de fruta en la entrada.

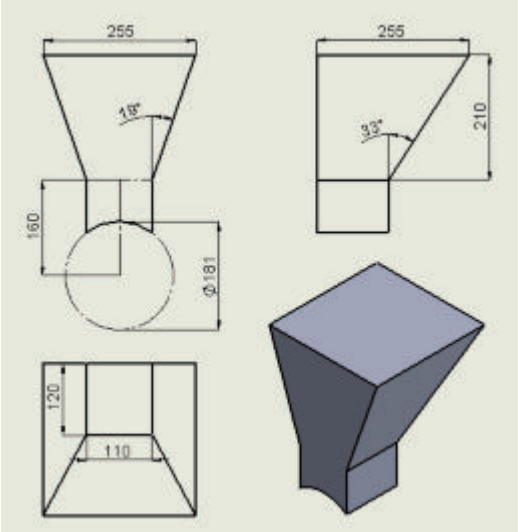


Figura AV.2. Dimensiones de referencia de la tolva de despulpadora de frutas (Tirira, 2014, p.43).

Dimensionamiento del cuchillo de corte.- Para el diseño de la cuchilla de corte se tomará una fuerza de corte de 152 N (Tirira, 2014, p.45).

Para calcular la fuerza total ejercida sobre la cuchilla se utiliza la Ecuación [AV.15] (Tirira, 2014, p.47).

$$\mathrm{Ft} = \mathrm{Ff} + \mathrm{Fc} \qquad [AV.15]$$

Donde

Ft: Fuerza total de la fruta (N)

Ff: Fuerza que ejerce el peso de la fruta (N)

Fc: Fuerza de corte (N)

$$\mathrm{Ff} = \mathrm{m\ (kg)\ x\ gravedad}\ \left(\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\right) \qquad [AV.16]$$

$$\mathrm{Ff} = 18 * 9{,}81 = 176{,}58\ \mathrm{N}$$

$$\mathrm{Ft} = 152 + 176{,}58 = 328{,}58\ \mathrm{N}$$

Las cuchillas de corte serán láminas rectangulares dispuestas de manera alternada, sujetas a un eje, con una separación de 28 mm una de la otra como se observa en la Figura AV.3 (Tirira, 2014, p.46).

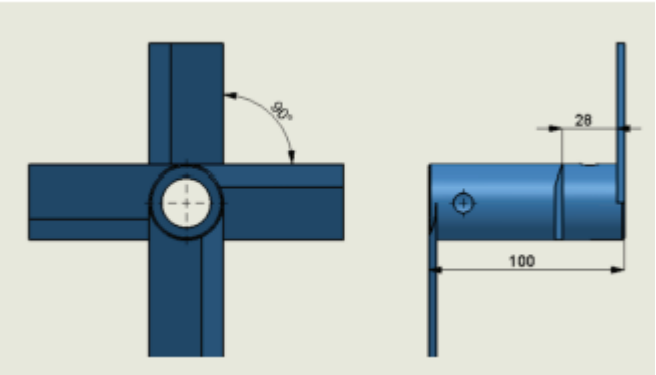


Figura AV.3. Diseño y dimensiones de las cuchillas de corte de la despulpadora (Tirira 2014, p.48).

Potencia.- Para calcular la potencia necesaria para una despulpadora de estas características se utilizó la Ecuación [AV.17] propuesta por (Tirira, 2014), este valor es resultado de la suma de la potencia de empuje y las potencias de transporte tanto de la cuchilla como de los rascadores, tomando en cuenta el factor de servicio

$$\mathrm{PT} = \mathrm{Ptc} + \mathrm{Pe} + \mathrm{Pr} \qquad [AV.17]$$

Donde:

Ptc: Potencia de las cuchillas

Pe: Potencia de empuje

Pr: Potencia de los rascadores

Para calcular la potencia de transporte de las cuchillas se utilizó la Ecuación [AV.18], propuesta por (Tirira, 2014, p.63):

$$\mathrm{Ptc} = \mathrm{Ft} * \mathrm{r} * \mathrm{w} \qquad [AV.18]$$

Donde:

Ft: Fuerza total de la fruta (N)

r: Radio de láminas de corte (m)
w: Velocidad angular (rad/s)

La despulpadora trabajará con una velocidad angular de 500 rpm (Tirira, 2014, p. 63).

$$W = 500\frac{rev}{min} * \frac{2\pi\, rad}{1\, rev} * \frac{1\, min}{60s} = 52{,}36\ \frac{rad}{s} \qquad \text{[AV.19]}$$

El radio de las láminas de corte se tomó de (Tirira 2014, p63), para el diseño de una despulpadora de similares características, correspondiente a 0,08 m.

Sustituyendo en AV.18 los valores correspondientes, se obtiene,

$$\text{Ptc} = 328{,}58\ \text{N} * 0{,}08\ \text{m} * 52{,}36\frac{\text{rad}}{\text{s}} = 1376{,}35\ \text{W}$$

La potencia de empuje y la potencia de los rascadores se tomaron de (Tirira, 2014, p.63).

Potencia de empuje (Pe) = 10,50 W
Potencia de rascadores (Pr) = 439,12 W
De esta manera la potencia total de trabajo fue de:

$$\text{PT} = 1402{,}37\ \text{W} + 10{,}50\ \text{W} + 439{,}12\ \text{W}$$

$$\text{PT} = 1825{,}97\ \text{W} = 1{,}82\ \text{kW} = 2{,}44\ \text{hp}$$

Tamaño de tamiz.- Para seleccionar el tamiz se debe tomar en cuenta el diámetro promedio de las semillas de la fruta a despulpar, para este caso se tomó como diámetro promedio a la semilla del melón, por lo tanto se escogió un tamiz de lámina de acero con perforaciones de 1,25 mm, el diámetro interior del tambor del tamiz es de 290 mm, y su longitud será de 445 mm (Tirira, 2014, p.80).

También se debe tomar en cuenta una posible expansión a procesar otras frutas, por lo cual el equipo debe permitir el intercambio de tamices en función de las frutas a procesar.

Dimensiones del tambor.- El tambor es un recinto cilíndrico que va a contener los rascadores, las cuchillas de corte con un eje móvil, y el tamiz dispuesto de forma cilíndrica, para el dimensionamiento del tambor se ha propuesto una acumulación inferior de pulpa del 30% del volumen de entrada.

Volumen requerido por el tambor (Vrt)

$$\mathrm{Vrt} = \mathrm{Ve} \,/\, 0{,}3 \qquad \text{[AV.20]}$$

Donde

Ve: Volumen de entrada a la despulpadora

$$\mathrm{Vrt} = 37\,800 \frac{\mathrm{cm}^3}{0{,}3} = 126\,000\ \mathrm{cm}^3$$

La geometría del tambor es cilíndrica por lo que se utilizó la Ecuación [AV.21] para el cálculo del volumen de un cilindro (Moreno, 2000 p. 269).

$$V = \pi * R^2 * h \qquad \text{[AV.21]}$$

El radio tomado es de 20 cm, despejando h, se obtiene,

$$h = \frac{126000}{(3.1416 * 20^2)} = \mathbf{100{,}27cm}$$

Energía y materiales a construir.- El material de construcción del equipo será en acero inoxidable 316, los requerimientos energéticos se calcularán en relación a la potencia consumida con la relación de 1.341 (HP/Kw) (Tirira, 2014, p.85).

Energía consumida= 1,82 KW

AV.4. CÁLCULOS PARA EL DISEÑO DEL FILTRO DE TAMBOR ROTATORIO

Para el cálculo del área necesaria para filtrar la pulpa de mango se utilizó la Ecuación [AV.22] tomada de (Ibarz, 2005, p.289).

$$q = N * V = N * A\left[\left(C^2 * Rf^2 + \frac{2*C*(-\Delta P)}{\cap} * \frac{\emptyset}{2\pi N}\right)^{\frac{1}{2}} - CRf\right] \qquad [AV.22]$$

Donde:

q: Caudal de filtrado (L/min)

N: Velocidad de giro (rps)

V: Volumen de filtrado (m^3)

A: Área filtrante total (m^2)

C: Constante para área de filtrado

ΔP*:* Caída de presión (Pa)

$\cap$*:* Constante para filtración

Rf: Resistencia del medio filtrante (m^{-1})

Ø: Ángulo de inmersión (rad)

El caudal de filtrado que se requiere es de

$$q = \frac{118{,}35\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{h}}}{1000\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{L}}} = 118{,}35\,\frac{\mathrm{L}}{\mathrm{h}} = 1{,}97\ \mathrm{L/min} \qquad [AV.23]$$

La cantidad de sólidos en la pulpa será de 2,94 kg sólidos insolubles por 100 kg de pulpa.

La viscosidad de la pulpa será de: 35 mPa.s (Babu et. al., 2017)

Para calcular la porosidad del filtro utilizamos la Ecuación [AV.24] tomada de Ibarz, 2005.

$$M = 1 + \frac{Vt\,\varepsilon\,\rho}{Vt(1-\varepsilon)\delta} \qquad [AV.24]$$

Donde:

M: Torta húmeda/ torta seca

Vt: Volumen de torta depositada (m^3)

ε: Porosidad

δ: Densidad de la pulpa (kg/m^3)

ρ: Densidad del agua (kg/m^3)

Sólidos suspendidos= 2,94 %

M= Torta húmeda/ torta seca

M= factor de compresibilidad

M= 1 kg / 0,5 kg pulpa seca = 2

Sustituyendo los valores en la Ecuación AIV.24, se obtiene finalmente,

$$2 = 1 + \frac{\varepsilon}{(1-\varepsilon)}$$

$$\varepsilon = 0{,}50$$

Para calcular la superficie específica de la partícula (Sep) se utilizó la Ecuación [AV.25], Para calcular la resistencia específica de la torta la Ecuación [AV.27], con esos datos se puede calcular la constante para el área de filtrado (C), con la Ecuación [AV.28] (Ibarz, 2005, p.292-295).

$$\mathrm{Sep} = 6/\mathrm{dp} \qquad [AV.25]$$

Donde:

dp: diámetro de las partículas (m)

Sustituyendo se tiene finalmente,

$$\text{Sep} = \frac{6}{60\mu\text{m}*10^{-6}} = 10^{6}\ \text{m}^{-1} \qquad \text{[AV.26]}$$

Resistencia específica de la torta (Ret) (m/kg)

$$\text{Ret} = \frac{K(1-\Sigma)*Sep^{2}}{\Sigma^{3}*\delta} \qquad \text{[AV.27]}$$

Donde:

K: constante de Resistencia

Sustituyendo los valores en AIV.27, queda,

$$\text{Ret} = \frac{5(1-0{,}5)*10^{12}}{0{,}5^{3}*1000} = 2\cdot 10^{10}\ \text{m/kg}$$

La constante C se obtiene de

$$C = \frac{1-MS}{Ret*\rho*S} \qquad \text{[AV.28]}$$

Donde:

S*:* % de sólidos en suspensión

$$C = \frac{1-2(0{,}0294)}{2*10^{10}*1000*0{,}0294} = 1{,}6\cdot 10^{-12}\ m^{2}$$

Para el cálculo de la velocidad de giro se utilizó la Ecuación [AV.29] en donde se tomó como tiempo por ciclo de filtrado 6 minutos (Ibarz, 2005, p.293).

$$N = \frac{1}{6min} = 0{,}2\ rpm = 2.7\cdot 10^{-3}\ rps \qquad \text{[AV.29]}$$

La caída de presión se calcula en función de la presión atmosférica, como sigue,

$$\Delta P = \left(\frac{300\text{mmHg}}{760\text{mmHg}}\right) = 0{,}3947\ \text{mmHg} = 39\ 972\ \text{Pa} \qquad \text{[AV.30]}$$

Los valores obtenidos son los siguientes:

q= 1,97 L/min = 3,28*10^{-5} m^3/s

Ret= $2 \cdot 10^{10}$ m/kg

C= $1{,}6 \cdot 10^{-12}\ m^2$

N=$2.7 \cdot 10^{-3}\ rps$

Sep= $10^6\ \text{m}^{-1}$

ΔP= 39 972 Pa

Reemplazando los valores en la Ecuación [AV.22], asumiendo Rf=0, y despejando el área, se tiene

$$q = N * V = N * A\left[\left(C^2 * Rf^2 + \frac{2 * C * (-\Delta P)}{\cap} * \frac{\emptyset}{2\pi N}\right)^{\frac{1}{2}} - CRf\right]$$

$$3{,}28 \cdot 10^{-5} = 2{,}7\ * 10^{-3} * A\left[\left(1{,}6 * 10^{-12^2} * (2 * 10^{10})^2 + \frac{2 * 1{,}6 * 10^{-12} * (-39972)}{0{,}035}\left(\frac{0{,}6\pi}{2\pi 2{,}7\ * 10^{-4}}\right)^{\frac{1}{2}}\right) - 1{,}6 * 10^{-12} \cdot 2 * 10^{10}\right]$$

$$A = 0{,}3091\ m^2$$

Con un factor de servicio del 10%

$$A = 0{,}3091\ m^2 \cdot 1{,}1 = 0{,}34\ m^2$$

Para dimensionar el filtro de tambor se consideró una geometría cilíndrica, cuya área será:

$$A = 2\pi\ \text{r h} \qquad \text{[AV.31]}$$

Considerando un radio de 10 cm, la longitud del filtro sería:

$$0{,}34 = (0{,}6283) * h$$

$$h = 0{,}541\ m$$

AV.5. CÁLCULOS PARA EL DISEÑO DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO TK-001

La relación entre la altura del tanque y su diámetro interno en el caso de tanques atmosféricos pequeños y medianos será de H/Di = 2.

Se debe tomar en cuenta un factor de seguridad de 10,00 %.

El tiempo de contingencia del tanque será de 8 horas.

El tanque de almacenamiento TK-001 es el encargado de almacenar la pulpa acondicionada lista para el proceso de secado, se tomó la pulpa de melón como referencia para su cálculo pues es la pulpa que se almacenará en mayor volumen.

Para el cálculo del caudal de diseño (Q diseño), se utilizó la Ecuación [AV.32], para el cálculo del volumen de operación la Ecuación [AV.34], tomando en cuenta los criterios de la norma API 650 (American Petroleum Institute, 2012, p. B.1).

$$\text{Q operación} = 127{,}63\,\frac{\text{kg}}{\text{h}} = 0{,}127\ \text{m}^3/\text{h} \qquad \text{[AV.32]}$$

$$\text{Q diseño} = \text{Q operación} + 10\ \% = 1{,}1 * \text{Q operación} \qquad \text{[AV.33]}$$

$$\text{V operación} = 0{,}140\ \text{m}^3/\text{h} * 24\text{h} = 3{,}37\ \text{m}^3 \qquad \text{[AV.34]}$$

$$\text{V diseño} = 3{,}37\ \text{m}^3 * 1{,}1 = 3{,}70\ \text{m}^3 \qquad \text{[AV.35]}$$

El tanque tendrá una geometría cilíndrica, para calcular su volumen se tomó la Ecuación [AV.21] utilizada anteriormente.

$$\text{Vtanque} = \pi * R^2 * \text{h} \qquad \text{[AV.21]}$$

De donde, partiendo de las relaciones:

$$h/Di = 2 \qquad [AV.36]$$

$$h = 2 * Di$$

Queda entonces:

$$3{,}70 = \pi * \frac{Di^2}{2} * 2Di$$

$$\mathbf{Di = 1{,}33\ m}$$

$$\mathbf{h = 2{,}66\ m}$$

Para el espesor del material se utilizó el criterio propuesto por (Walas, 2010) para el dimensionamiento de tanques pequeños y medianos, se utilizó la Figura 5.7 (Walas, 2010, p.622).

Espesor de lámina: 3/16 pulgadas

Energía que debe retirarse para el enfriamiento de la pulpa (Q):

$$Q = m * cp * \Delta T \qquad [AV.40]$$

Donde:

Q: calor retirado en KJ

m: masa de pulpa a enfriar (1126,4 kg)

cp: calor específico de la pulpa (kJ/kg ºC)

ΔT: Diferencia de temperatura antes y después del enfriamiento (30-10) ºC

Sustituyendo, se obtiene:

$$Q = 1126{,}4 * 3{,}56 * 20 = 80\,200\ kJ$$

Ahora en función del tiempo, la potencia a retirar será,

$$\dot{w} = \frac{Q}{t} = 80200 \frac{kJ}{8\ h} \frac{1\ h}{3600\ s} = 2{,}78\ kW \qquad [AV.41]$$

AV.6 CÁLCULOS PARA EL DISEÑO DE REACTORES MOVILES RP-101 y RP-102

Para los reactores móviles se utilizará los criterios propuestos por Walas para el diseño de tanques pequeños. El material de diseño de los tanques será de acero 316 (Saravacos, 2016, p.105).

Para permitir la fácil limpieza los tanques tendrán un diámetro de 0,80 m dispuestos de una geometría cilíndrica, con tapas removibles planas, y con un fondo de forma de casquete esférico, para una correcta agitación de la pulpa y fácil vaciado de la pulpa, además contarán con ruedas que permitirán el movimiento de los tanques.

La densidad de la pulpa de melón se tomó como la del agua, 1000 kg/m^3 antes del tratamiento enzimático.

El tiempo de contingencia de los reactores será de 4 horas

$$\text{Q operación} = 118{,}345\,\frac{\text{kg}}{\text{h}} = 0{,}118\ \text{m}^3/\text{h} \qquad \text{[AV.32]}$$

$$\text{Q diseño} = \text{Q operación} + 10\% = 1{,}1 * \text{Q operación} \qquad \text{[AV.33]}$$

$$\text{V operación} = 0{,}118\ \text{m}^3/\text{h} * 4\text{h} = 0{,}472\ \text{m}^3 \qquad \text{[AV.34]}$$

$$\text{V diseño} = 0{,}472\ \text{m}^3 * 1{,}1 = 0{,}519\ \text{m}^3 \qquad \text{[AV.35]}$$

$$\text{Vtanque} = \pi * R^2 * \text{h}$$

Para lo cual, se tiene entonces:

Di=0,8 m

$$0{,}519 = \pi * \frac{0{,}8}{4}^2 * \text{h}$$

$$\text{h} = 1{,}03\ \text{m}$$

Para calcular la tapa y la base del tanque se utilizó las ecuaciones [AV.36] y [AV.37] propuestas por (Moreno, 2000, p.89).

Casquete esférico

$$A = 2 * \pi * r * h \qquad [AV.36]$$

Si

r= 0,30

$$hcasq = \frac{h}{3} = 0{,}34 \text{ m} \qquad [AV.37]$$

Sustituyendo se tiene,

$$A = 0{,}65 \text{ m}^2$$

El espesor del material se lo calcula de acuerdo a la Figura 5.7

Espesor de lámina: 3/16 pulg

El tanque se dispondrá a 0,30 m del piso.

$$\text{Alto total} = (1{,}03 + 0{,}34 + 0{,}30) \text{ m} \qquad [AV.38]$$

$$\text{Alto total} = 1{,}67 \text{ m}$$

Los reactores y tanques que almacenen la pulpa deberán estar separados del suelo mediante estructuras sólidas, provistos de escaleras que permitan su revisión si fuera el caso, deberán tener un diámetro suficiente para la entrada de un operarios para su limpieza y mantenimiento (Ministerio del Trabajo, 2018, p.64).

Los reactores van a tener una chaqueta que permita el ingreso de agua caliente a 60 ºC , pues el tratamiento enzimático se llevará a cabo a una temperatura de 35 ºC como se experimentó en (Merizalde, 2018, p.7).

Energía requerida del agua de calentamiento (Q):

$$Q = m * cp * \Delta T \qquad [AIV.39]$$

Donde

Q: calor suministrado en KJ

m: masa de pulpa a enfriar (472 kg)

cp: calor específico de la pulpa (kJ/kg ºC)

ΔT: Diferencia de temperatura antes y después del enfriamiento (35-15) ºC

Sustituyendo, se obtiene,

$$Q = 472 * 4{,}18 * 20 = 39\,459{,}2 \text{ kJ}$$

Ahora en función del tiempo, la potencia a suministrar será,

$$\dot{w} = \frac{Q}{t} = 39459{,}2 \text{ kJ} \frac{\text{KJ}}{4 \text{ h}} \frac{1 \text{ h}}{3600\, s} = 2{,}74 \text{ kW} \qquad [AIV.40]$$

AV.7. CÁLCULOS PARA EL DISEÑO DEL TANQUE AGITADO R-101

Para el dimensionamiento de este equipo se calcula primero las dimensiones del tanque en función del volumen de operación.

El tiempo de contingencia del tanque agitado será de 4 horas.

$$Q \text{ operación} = 127{,}63 \frac{\text{kg}}{\text{h}} = 0{,}128 \text{ m}^3/\text{h} \qquad [AIV.32]$$

$$Q \text{ diseño} = Q \text{ operación} + 10\% = 1{,}1 \text{ Q operación} \qquad [AIV.33]$$

$$V \text{ operación} = 0{,}128 \text{ m}^3/\text{h} * 4\text{h} = 0{,}512 \text{ m}^3$$

$$\text{V diseño} = 0{,}512\ \text{m}^3\ *\ 1{,}1\ =\ 0{,}563\ \text{m}^3$$

$$\text{Vtanque}\ =\ \pi\ *\ R^2\ *\ \text{h} \qquad \text{[AIV.21]}$$

Al ser un tanque pequeño se toma la dimensión de su diámetro de las propuestas por Walas, 2010 en la Figura 5.7 de 42 pulg (1,06 m).

$$0{,}563\ = \pi * \frac{1{,}06}{4}^{2} *\ \text{h}$$

$$\text{h} = 0{,}64\ \text{m}$$

Para determinar la altura real se toma la propuesta por Walas, 2010 en la Figura 5.7

$$\text{h} = 1{,}20\ \text{m}\ >\ 0{,}64\ \text{m}$$

Para el sistema de agitación se diseñó un sistema compuesto por un agitador y dos placas deflectoras ubicadas radialmente a lo largo de la pared del tanque, para evitar un flujo circulatorio y la formación de vórtices (Aguado, 2002, p.35).

Para su cálculo se comenzó por determinar el número de Reynolds con la Ecuación [AV.42] del libro de (Aguado, 2002, p43.)

Para la velocidad requerida en el mezclado se tomó la propuesta por (Aguado, 2002, p.43). de 1200 rpm para mezcla de sólidos en soluciones. Para ello se tomaron las siguientes relaciones geométricas.

$$\text{da/df}\ =\ 1/3 \qquad \text{[AV.41]}$$

$$\text{da}\ = \frac{1{,}06}{3}\text{m} = 0{,}265\ \text{m}$$

Nota: Para efectos de cálculo de los requerimientos del agitador se hará en base de las propiedades del mango, ya que presenta una viscosidad más alta que la pulpa de melón

$$\mathrm{Re} = \frac{(\mathrm{N} * \mathrm{da}^2 * \rho)}{\mu} \qquad \text{[AV.42]}$$

Donde

N: Revoluciones por segundo del agitador

ρ*:* Densidad del fluido en kg/m3

μ*:* Viscosidad dinámica del fluido en Pa·s

da: Diámetro del agitador en m

Para lo cual, se tiene,

N= 1200 rpm = 20 rps

ρ = 1 030 kg/m3

μ = 0,65 Pa.s (Según el estudio de Quintero et. al., 2012)

Sustituyendo los valores en AV.42, se tiene finalmente,

$$Re = \frac{20 * \ 0{,}265^2 * 1030}{0{,}65} = 2225{,}6$$

Con el valor calculado se encontró que el fluido se mueve en régimen de transición, en cuyo caso su cálculo debería ser mediante la Ecuación [AV.43] propuesta por (Aguado, 2002, p.37).

$$P = Po * \rho * N^3 * da^5 \qquad \text{[AV.43]}$$

Donde

P: Potencia del agitador en W

Po: Factor de potencia del agitador, leído en la Figura AV.5

ρ*:* Densidad del fluido en kg/m3

N*:* Revoluciones por segundo

da: Diámetro del agitador en m

Ahora, tomando dos valores de referencia para las relaciones Hf/da y Ha/da de la Figura AV.5, se tiene:

Hf/da= 3,77; por tanto

$$Hf = 3{,}77 * 0{,}265 = 1{,}00\, m \qquad \text{[AV.44]}$$

Ha/da= 1,13 ; por tanto

$$Ha = 1{,}13 * 0{,}265 = 0{,}3\, m \qquad \text{[AV.45]}$$

De acuerdo a la Figura AV.5 el tipo de agitador pertenece a la curva 5 correspondiente a un agitador de tres hélices (Aguado,2002, p.42).

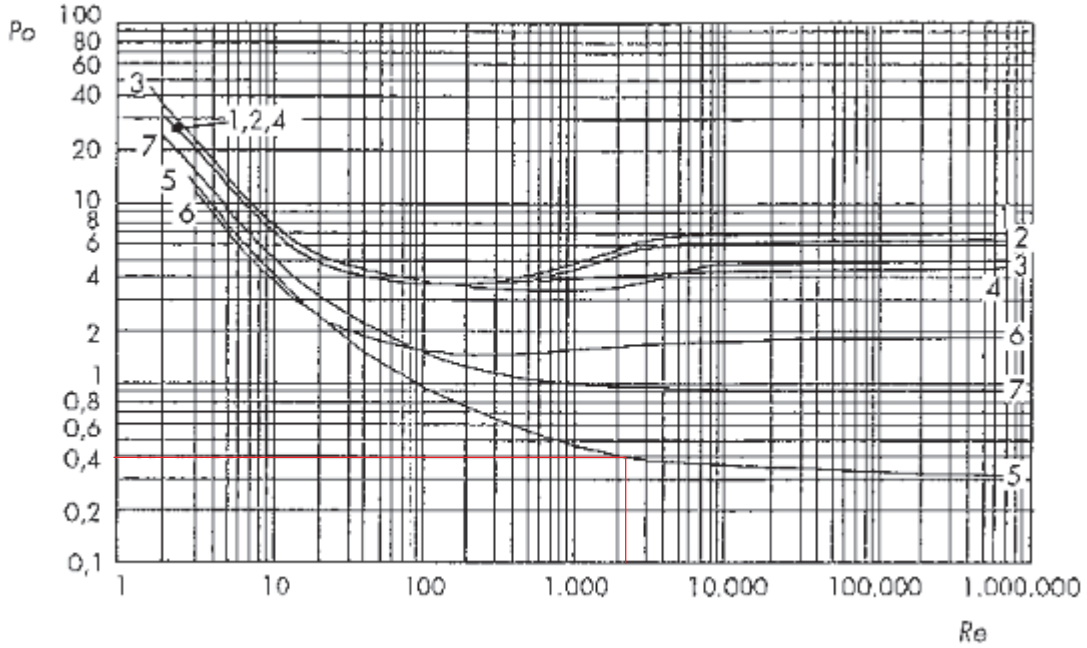


Figura AV.4 Curvas de potencia para agitación de moderada viscosidad en tanques con placas deflectoras.

(Aguado, 2002, p.143).

Tabla AV.1. Relaciones para curvas de potencia en agitación de moderada viscosidad en tanques con placas deflectoras.

(Aguado, 2002, p.143).

Tipo de agitador	$\frac{D_t}{D_a}$	$\frac{H_t}{D_a}$	$\frac{H_a}{D_a}$	Placas deflectoras		
				N.°	Y/D_a	N.° curva
Ver N.° 1	3	2,7-3,9	0,75-1,3	4	0,17	1
Ver N.° 1	3	2,7-3,9	0,75-1,3	4	0,10	2
Ver N.° 1	3	2,7-3,9	0,75-1,3	4	0,04	4
La misma N.° 1 curvado 2 hojas	3	2,7-3,9	0,75-1,3	4	0,10	3
Hélice marina, 3 hélices, paso = D_a	3	2,7-3,9	0,75-1,3	4	0,10	5
Ver N.° 2	3	2,7-3,9	0,75-1,3	4	0,10	6
La misma 5 pero con paso = D_a	3	2,7-3,9	0,75-1,3	4	0,10	7

Leyendo de la Figura AV.5, se tiene:

Po= 0,40

Finalmente se tiene:

$$P = 0{,}40 * 1030 * 20^3 * 0{,}265^5$$

$$P = 4307{,}4\ \mathrm{J/s} = 4{,}31\ \mathrm{kW} = 3{,}2\ \mathrm{hp}$$

AV.8. CÁLCULOS PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE AGITACIÓN PARA REACTORES MÓVILES

Para dimensionar el agitador se utilizó la Figura AV.6, donde se detallan las dimensiones estándar para los sistemas de agitación de acuerdo a la configuración (Aguado 2002, p.38).

Tabla AV.2. Dimensiones para un sistema de agitación

Razón geométrica	Intervalo de valores	Valor estándar
$\frac{H_l}{D_t}$	1-3	1
$\frac{D_a}{D_t}$	$\frac{1}{4}-\frac{2}{3}$	$\frac{1}{3}$
$\frac{H_a}{D_t}$	$\frac{1}{4}-\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$
$\frac{J}{D_a}$	~ 1	1
$\frac{J}{D_t}$	$\frac{1}{12}-\frac{1}{10}$	$\frac{1}{10}$

(Aguado 2002, p38).

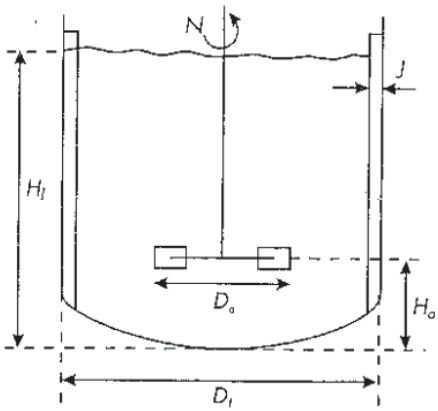


FIGURA 2.10. Dimensiones características de un tanque agitado: velocidad de rotación del agitador (N), diámetro del tanque (D_t), diámetro del agitador (D_a), altura de líquido (H_l), distancia desde la base del tanque al agitador (H_a), ancho de las placas deflectoras (J).

Figura AV.5 Dimensiones estándar para un sistema de agitación

(Aguado 2002, p.38).

Para calcular la potencia del agitador se utilizaron los datos de viscosidad de la pulpa de mango, fluido newtoniano, con un valor de 2 419,4 cP (Quintero, 2012, p.4).

Para determinar la potencia del agitador se utilizó la Ecuación [AV.47]

Como criterio para la velocidad de rotación del agitador se tomó el máximo establecido por (Uribe, 2013, p.37) para fluidos viscosos en tanques sin deflectores de 300 rpm.

Para calcular el diámetro del agitador se utilizaron las relaciones de la Figura AV.6 propuestas por (Aguado, 2002 p.38).

$$da/df = 1/3$$

La altura del líquido corresponde al diámetro calculado en el diseño de los reactores RP-101 Y RP-102.

$$da = 1/3 * 0{,}80 \text{ m}$$
$$da = 0{,}27 \text{ m}$$

Se calculó el número de Reynolds con la Ecuación [AV.42], obteniéndose,

Re= 161,2

Al obtener un número de Reynolds < 300 las curvas de potencia son idénticas tanto para tanques con deflectores y sin deflectores, además existirá la presencia de vórtices en la superficie por tanto la potencia requerida por el agitador viene determinada por la Ecuación [AV.48] propuesta por (Aguado, 2002, p.42), como sigue:

$$Po = 1{,}05 \exp(5{,}64 - 0{,}783 \ln Re - 0{,}0523 \ln Re^2 + 0{,}00674 \ln Re^3) \qquad \text{[AV.48]}$$

Sustituyendo el valor del número de Reynolds, se tiene finalmente,

$$Po = 3{,}47$$

Se calcula la potencia total con la Ecuación [AV.47], obteniéndose,

P= 665,95 J/s = 0,666 kw = **0,5 Hp**

Para la selección del motor se tomó como referencia una eficiencia del 70 % y pérdidas por fricción del 35% propuestas por (Uribe, 2013, p.38).

Potencia de Motor requerido

$$\mathrm{Pm} = \frac{0{,}5\ Hp * 1{,}35}{0{,}7} \qquad \text{[AV.49]}$$

$$\mathrm{Pm} = 0{,}96\ hp \sim 1\ hp$$

El sistema de agitación debe estar provisto de una estructura que permita la movilidad del agitador y lo disponga de la manera esperada para cada reactor, por lo tanto la altura de la estructura debe ser mayor a 1,40 m, dispondrá de un agitador helicoidal, para producir una acción de mezcla suave, configuración que se observa en la Figura AV.8 (Aguado, 2002, p.44).

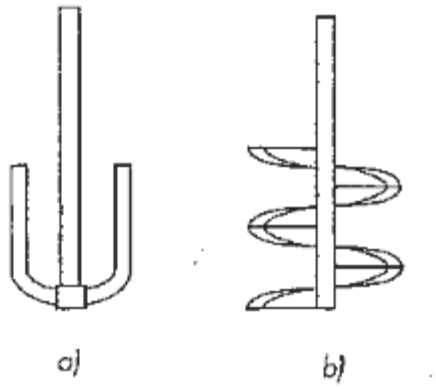


Figura AV.6. Agitadores de a) ancla y de b) cinta helicoidal

(Aguado, 2002, p.44).

Tabla AV.3. Dimensiones del sistema de agitación para los reactores móviles

Característica	Unidad	Valor
Alto total	M	1,40
Potencia de motor	Hp	1
Tipo de agitador	-	Helicoidal
Diámetro de aspas	M	0,27
Material de construcción	-	Acero inoxidable 316

AV.9. CÁLCULOS PARA LA SELECCIÓN DE VÁLVULAS, ACCESORIOS y TUBERÍAS

Las tuberías que se requieren en la planta de encapsulados de beta-carotenos son las que se utilizaran para transportar el fluido desde los reactores RP-101 y RP-102 hacia el tanque agitado R-101, la tuberías que se utilizará para transportar el fluido del tanque agitado R-101 hacia el tanque de almacenamiento TK-101, y la tubería necesaria para transportar el fluido desde el tanque de almacenamiento TK-101 hacia el secador por aspersión.

La inclinación de las tuberías será de 1% para facilitar su drenaje, deben estar separadas de las paredes al menos 10 cm para asegurar su correcta inspección, serán de fácil acceso y de fácil limpieza (Saravacos, 2016, p.106).

El diámetro nominal de la tubería será de 2 plg, pues es un diámetro comercial muy utilizado en la industria alimenticia, cuyo material cumple con las normativas AISI 304.

Para el transporte de fluido de los reactores RP-101 y RP-102 hacia TK-101 se consideró una temperatura de operación de 30 º C, la velocidad con la que se estima transportar el fluido es de 2 m/s, recomendada para transporte de fluidos alimenticios, el diámetro de la tubería escogida es de 2 plg. (Saravacos, 2016, p.106).

Tabla AV.4. Accesorios considerados para los procesos

Proceso	Accesorios	Dimensiones	Material
Transporte de fluido de RP-101 hacia TK102	Codos de 90º Válvula de diafragma Tubería	2 plg 2 plg D= 2plg ; E= 1,65mm	Acero inoxidable AISI 304. PVC grado alimenticio Acero inoxidable AISI 304.
Transporte de fluido de TK-101 hacia R-101	Codos de 90º Válvula de diafragma Tubería	2 plg 2 plg D= 2plg ; E= 1,65mm	Acero inoxidable AISI 304. Neopreno Acero inoxidable AISI 304.
Transporte de fluido de R-101 hacia SP-101	Codos de 90º Válvula de diafragma Tubería	2plg 2 plg D= 2plg ; E= 1,65mm	Acero inoxidable AISI 304. Neopreno Acero inoxidable AISI 304.

AV.10. CÁLCULOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LAS BOMBAS PERISTÁLTICAS

Para el dimensionamiento de las bombas peristálticas se realiza un balance de energía mecánica mediante la Ecuación [AV.50] detallada en (Sinnot, 2005, p.206).

$$W = \frac{\Delta P}{\rho} * \frac{\Delta u^2}{\alpha} + g\Delta z + Ef \qquad \text{[AV.50]}$$

Donde

W: Trabajo requerido (J/kg)

Δp: Diferencial de presión (Pa)

ρ: Densidad del líquido

Δu: Diferencial de velocidad de circulación (m/s)

g: Gravedad (9,81 m/s2)

Δz: Diferencial de elevación (m)

Ef: pérdidas de presión (m2/s2)

α: factor de corrección dependiente del régimen de flujo

Se comenzó por el cálculo del número de Reynolds con la Ecuación [AV.51]

$$\mathrm{Re} = \frac{\mathrm{di} * \mathrm{v} * \rho}{\mu} \qquad [AV.51]$$

Donde

μ: Viscosidad del fluido (kg/ms)

v: velocidad de circulación del fluido (m/s)

ρ: Densidad del fluido

di: diámetro interno de la tubería (m)

Para el flujo laminar:

α = 0,5

∆p=0 los tanques se encuentran abiertos a presión atmosférica

∆u= 0 la velocidad no varía

Para el cálculo de las pérdidas de presión se utilizó las fórmulas [AV.52], [AV.53] ,[AV.54] y [AV.55] propuestas por Sinnot (2005, p.206-211), para las pérdidas por presión en las tuberías, válvulas, codos, y por entradas y salida de los tanques (Sinnot, 2005 p.206).

Para las pérdidas de presión en la tubería (E1):

$$\mathrm{E1} = \mathrm{f} * \frac{L}{di} * \frac{u^2}{2} \qquad [AV.52]$$

Donde

L: longitud de la tubería

u: velocidad del fluido

di: diámetro interno de la tubería

El factor de fricción viene dado por,

$$\mathrm{f} = 16/\mathrm{Re}$$

Para las pérdidas de presión en las válvulas (E2):

$$\mathrm{E2} = \mathrm{k2} * \frac{u^2}{2} \qquad [AV.53]$$

Donde

K2: constante resistencia para las válvulas

Para las pérdidas de presión en los codos (E3):

$$E3 = \ k3 * \frac{u^2}{2} \qquad [AV.54]$$

Donde

K3: constante de resistencia para los codos

Para las variaciones de presión a la entrada y salida delos tanques (E4):

$$E4 = \frac{Re}{160}\left(1{,}25 - \frac{d1}{d2}^2\right)^2 + \frac{Re}{32}\left(1 - \frac{d1}{d2}^2\right)^2 \qquad [AV.55]$$

Donde

d1: diámetro interno de las tuberías

d2: diámetro de ensanchamiento.

- **Para la Bomba P-101**

Di=0,0508 m (2 pulg)

U=0,2 m/s

μ = 0,65 kg/m s (Viscosidad pulpa mango después de tratamiento enzimático)

$$Re \ = \ 0{,}0508 \ * \ 0{,}2 \ * \frac{1030}{0{,}65} = 16{,}10$$

Re= 16,10 (Régimen laminar)

L= 2,20 m

Di=0,0508m

U=0,2 m/s

$$f = \frac{16}{Re} = \frac{16}{16{,}10} = 0{,}994$$

Sustituyendo en E1,

$$\mathrm{E1} = 0{,}994 * \frac{2{,}20}{0{,}0508} * \frac{0{,}2^2}{2} = 0{,}861\,\frac{m^2}{s^2}$$

Ahora para E2,

$$\mathrm{E2} = \mathrm{k2} * \frac{u^2}{2} = 4{,}3 * \frac{0{,}2^2}{2} = 0{,}086\,\frac{m^2}{s^2}$$

Para E3,

$$\mathrm{E3} = 2 * \ \mathrm{k3} * \frac{0{,}2^2}{2} = 0{,}03\,\frac{m^2}{s^2}$$

Para E4,

$$E4 = \frac{16{,}10}{160}\left(1{,}25 - \frac{0{,}0508^2}{0{,}25}\right)^2 + \frac{16{,}10}{32}\left(1 - \frac{0{,}0508^2}{0{,}25}\right)^2 = 0{,}64\,\frac{m^2}{s^2}$$

Calculando a Ef, entonces se tiene,

$$Ef = (0{,}861 + \ 0{,}086 \ + \ 0{,}03 \ + \ 0{,}64) = 1{,}617\ \frac{m^2}{s^2}$$

Calculando el trabajo por unidad de masa, se tiene,

$$W = g\Delta z + Ef \qquad \text{[AV.56]}$$

$$W = 9{,}81 * (1{,}4 - 0{,}6) + Ef = \mathbf{9{,}465\ J/kg}$$

El área de flujo corresponde a:

$$\mathrm{A} = \frac{\pi}{4} * di^2 = 2{,}002\ * 10^{-3}\ \mathrm{m}^2 \qquad \text{[AV.57]}$$

El flujo viene dado por:

$$\dot{\mathrm{m}} = 1030\ kg/m^3 * \ 0{,}2m/s \ * \ 2{,}002\ * 10^{-3}\ m^2 \qquad \text{[AV.58]}$$

$$\dot{\mathrm{m}} = 0{,}412\ \mathrm{kg/s}$$

La Potencia de la bomba viene dada por:

$$\dot{w} = 0{,}412\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{s}} * 9{,}464\,\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg}} = \ 3{,}9\ \mathrm{W}$$

Ahora bien a ésta potencia calculada se le adiciona una potencia adicional perdida por la caída de presión del filtro, la cual por diseño es de 300 mmHg, se consideró como condición crítica una caída de presión 50% superior a ésta para efectos de cálculo de la bomba.

La potencia perdida por el filtro viene dada por:

$$Potencia_f = \Delta P_f * v * A \qquad \text{[AV.59]}$$

Donde:

$Potencia_f$ Potencia perdida en W

ΔP_f Caída de presión máxima en el filtro (Pa)

v Velocidad del fluido en m/s

A Área de la tubería en m^2

Sustituyendo

$$\Delta P_f = 300\ mmHg * 1{,}5\,\frac{101325\ Pa}{760\ mmHg} = 59\ 995\ Pa$$

$$Potencia_f = \ 59995\ Pa * 0{,}2\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} * \ 2{,}002\ * 10^{-3}\ m^2 = 24\ W$$

Por tanto, la potencia total requerida sería

$$Potencia = \ \mathbf{3{,}9\ W} \ + \ \mathbf{24\ W} \ = \ \mathbf{27{,}9\ W} \ = \ \mathbf{0{,}04\ hp}$$

Para la selección del motor se tomó como referencia una eficiencia del 70 % (Uribe 2013, p38)

Potencia de Motor requerido

$$\mathrm{Pm} = \frac{0{,}04\ Hp}{0{,}7} \qquad \text{[AV.60]}$$

Pm= 0,06 Hp

Se selecciona por tanto la bomba comercial más cercana de 1 kW (1,3 hp).

- **Para la bomba P-102**

Di=0,0508 m (2 pulg)
U=0,2 m/s
μ = 0,65 kg/m s (Viscosidad pulpa mango después de tratamiento enzimático)

$$\mathrm{Re} = 0{,}0508 * 0{,}2 * \frac{1030}{0{,}65} = 16{,}10$$

Re= 16,10 (Régimen laminar)

L= 2,20 m
Di=0,0508m
U=0,2 m/s

$$\mathrm{f} = \frac{16}{\mathrm{Re}} = \frac{16}{16{,}10} = 0{,}994$$

Sustituyendo en E1,

$$\mathrm{E1} = 0{,}994 * \frac{3{,}90}{0{,}0508} * \frac{0{,}2^2}{2} = 1{,}526\,\frac{m^2}{s^2}$$

Ahora para E2,

$$\mathrm{E2} = \mathrm{k2} * \frac{u^2}{2} = 4{,}3 * \frac{0{,}2^2}{2} = 0{,}086\,\frac{m^2}{s^2}$$

Para E3,

$$\mathrm{E3} = 2 * \ \mathrm{k3} * \frac{0{,}2^2}{2} = 0{,}03\,\frac{m^2}{s^2}$$

Para E4,

$$E4 = \frac{16{,}10}{160}\left(1{,}25 - \ \frac{0{,}0508^2}{0{,}25}\right)^2 + \frac{16{,}10}{32}\left(1 - \ \frac{0{,}0508^2}{0{,}25}\right)^2 = 0{,}64\,\frac{m^2}{s^2}$$

Calculando a Ef, entonces se tiene,

$$Ef = (1{,}526 \ + \ 0{,}086 \ + \ 0{,}03 \ + \ 0{,}64\ ) = 2{,}115\,\frac{m^2}{s^2}$$

Calculando el trabajo por unidad de masa, se tiene:

$$W = g\Delta z + Ef$$

$$W = 9{,}81 * (2{,}32 - 0{,}6) + 2{,}115 = \mathbf{19\ J/kg}$$

El área de flujo corresponde a:

$$\mathrm{A} = \frac{\pi}{4} * di^2 = 2{,}002 \ * 10^{-3}\ \mathrm{m}^2 \qquad \text{[AV.57]}$$

El flujo viene dado por:

$$\dot{\mathrm{m}} = 1030\ kg/m^3 * \ 0{,}2m/s \ * \ 2{,}002 \ * 10^{-3}\ m^2 \qquad \text{[AV.58]}$$

$$\dot{\mathrm{m}} = 0{,}412\ \mathrm{kg/s}$$

La Potencia de la bomba viene dada por:

$$\dot{\mathrm{w}} = 0{,}412\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{s}} * 19\,\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg}} = \ 7{,}83\ \mathrm{W} = 0{,}01\ hp$$

Para la selección del motor se tomó como referencia una eficiencia del 70 % (Uribe 2013, p38)

Potencia de Motor requerido

$$\mathrm{Pm} = \frac{0{,}01\ hp}{0{,}7} \qquad \text{[AV.60]}$$

Pm= 0,02 Hp

Se selecciona por tanto la bomba comercial más cercana de 1 kW (1,3 hp).

- **Para la bomba P-103**

Di = 0,0508 m (2 pulg)
U = 0,2 m/s
μ = 0,65 kg/m s (Viscosidad pulpa mango después de tratamiento enzimático)

$$\mathrm{Re} = 0{,}0508 * 0{,}2 * \frac{1030}{0{,}89} = 11{,}76$$

Re= 11,76 (Régimen laminar)

L= 8,50 m
Di=0,0508m
U=0,2 m/s

$$\mathrm{f} = \frac{16}{\mathrm{Re}} = \frac{16}{11{,}76} = 1{,}361$$

Sustituyendo en E1,

$$\mathrm{E1} = 1{,}361 * \frac{8{,}50}{0{,}0508} * \frac{0{,}2^2}{2} = 4{,}56 \frac{m^2}{s^2}$$

Ahora para E2,

$$\mathrm{E2} = \mathrm{k2} * \frac{u^2}{2} = 4{,}3 * \frac{0{,}2^2}{2} = 0{,}086 \frac{m^2}{s^2}$$

Para E3,

$$\mathrm{E3} = 2 * \ \mathrm{k3} * \frac{0{,}2^2}{2} = 0{,}03\,\frac{m^2}{s^2}$$

Para E4,

$$E4 = \frac{11{,}76}{160}\left(1{,}25 - \frac{0{,}0508^2}{0{,}25}\right)^2 + \frac{11{,}76}{32}\left(1 - \frac{0{,}0508^2}{0{,}25}\right)^2 = 0{,}473\,\frac{m^2}{s^2}$$

Calculando a Ef, entonces se tiene,

$$Ef = (4{,}56 \ + \ 0{,}086 \ + \ 0{,}03 \ + \ 0{,}473) = 5{,}149\,\frac{m^2}{s^2}$$

Calculando el trabajo por unidad de masa, se tiene,

$$W = g\Delta z + Ef$$

$$W = 9{,}81 * (7 - 0{,}6) + 5{,}149 = \mathbf{67{,}93\ J/kg}$$

El área de flujo corresponde a:

$$\mathrm{A} = \frac{\pi}{4} * di^2 = 2{,}002 \ * 10^{-3}\ \mathrm{m}^2 \qquad \text{[AV.57]}$$

El flujo viene dado por:

$$\dot{\mathrm{m}} = 1030\ kg/m^3 * \ 0{,}2m/s \ * \ 2{,}002 \ * 10^{-3}\ m^2 \qquad \text{[AV.58]}$$

$$\dot{\mathrm{m}} = 0{,}412\ \mathrm{kg/s}$$

La Potencia de la bomba viene dada por:

$$\dot{\mathrm{w}} = 0{,}412\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{s}} * 67{,}93\,\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg}} = \ 28\ \mathrm{W} = 0{,}04\ hp$$

Para la selección del motor se tomó como referencia una eficiencia del 70 % (Uribe 2013, p38)

Potencia de Motor requerido

$$\mathrm{Pm} = \frac{0{,}04\ Hp}{0{,}7} \qquad \text{[AV.60]}$$

Pm= 0,06 Hp

Se selecciona por tanto la bomba comercial más cercana de 1 kW (1,3 hp).

Tabla AV.5. Dimensiones de las bombas peristálticas

Bomba	Potencia hidráulica (Hp)
P-101	0,06
P-102	0,02
P-103	0,06

Tabla AV.6. Constantes de resistencia de accesorios

Accesorio	k
Válvula de diafragma	4,3
Codos 90 º	0,75

(Ibarz, 2005, p. 217).

AV.11. CÁLCULOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL CUARTOS FRÍO Y CUARTO DE MADURACIÓN

- **Cuarto de refrigeración**

Para el diseño del cuarto frío se calculó la carga de refrigeracion necesaria para enfriar 10 100 kg/día de fruta y mantenerlas frias durante 5 días, la temperatura de refrigeración fue de 10 ºC (National Mango Board, 2018, p.6).

Se calculó las dimensiones del cuarto frío en base a la cantidad de fruta a almacenarse en canastas dispuestos en anaqueles, para una capacidad de 10 700 ft^3 (ya que según la Figura AV.9 corresponde a un factor promedio de 0,48 ft^3/lb a refrigerar) con una carga máxima de 10 100 kg/día de fruta (22 247 lb) (tomando en cuenta el criterio de almacenamiento de 5 días como máximo de fruta para un total real de 2 020 kg diarios de fruta procesada) que entra a refrigeración a temperatura ambiente de 28 ºC, se tomó en cuenta la respiración de la fruta, las cargas adicionales por 2 motores eléctricos de 2 hp, la carga por la iluminación del recinto, y las cargas por 2 puertas del cuarto frío, para todos los datos se utilizó el manual de ingeniería de Bohn para el diseño de cuartos fríos (Bohn, 2005).

Las puertas del cuarto frío deben permitir su apertura desde adentro, el cuarto frío debe tener una señal luminosa activa que indique la presencia de personal dentro de la cámara (Bohn, 2005).

Cálculo de carga energética requerida para enfriar 10 100 kg/día de melón

$$Q1 = m * cp * \Delta T \qquad [AV.61]$$

$$Q1 = 22247 \text{ lb/día} * 0{,}93 \text{ BTU} */(\text{lb} * °\text{F}) * (82{,}4 - 50)°\text{F}$$

$$Q1 = 691\,970{,}7 \text{ BTU}$$

Tabla AV.7. Estimación inicial del volumen de refrigeración en función de la carga a refrigerar

Volumen Pies^3	Promedio diario de la carga del Producto (lbs) para refrigeradores	Promedio diario de la carga del producto (lbs) para congeladores
500 - 3,000	6,200 - 8,000	1,600 - 2,000
3,000 - 4,600	8,000 - 11,000	2,000 - 2,500
4,600 - 8,100	11,000 - 17,000	2,500 - 4,000
8,100 - 12,800	17,000 - 26,000	4,000 - 6,200
12,800 - 16,000	26,000 - 33,000	6,200 - 7,500
16,000 - 20,000	33,000 - 40,000	7,500 - 9,500
20,000 - 28,000	40,000 - 56,000	9,500 - 13,000
28,000 - 40,000	56,000 - 66,000	13,000 - 17,000
40,000 - 60,000	66,000 - 110,000	17,000 - 25,000
60,000 - 80,000	110,000 - 150,000	25,000 - 34,000
80,000 - arriba	150,000 - arriba	34,000 - arriba

(Bohn, 2005, p.2).

Carga de la respiración del melón durante los 5 días

$$Q2 = m * Cr \qquad \text{[AIV.62]}$$

Donde

Cr: calor de respiración (BTU/lb)

$$Q2 = 22247 \text{ lb/día} * 4{,}22 \text{ BTU/lb}$$

$$Q2 = 93\,882{,}3 \text{ BTU}$$

Carga por apertura de puertas

$$Q3 = Va * F1 * F2 \qquad \text{[AV.63]}$$

Donde

Va: Volumen de aire (pie^3)

F1: Factor de carga (extraído de la Figura AV.9.)

F2: Factor de carga (extraído de la Figura AV.10.)

Sustituyendo,

$$Q3 = 10\,700 \text{ pie}^3 * 4{,}8 * 1{,}87 \text{ BTU/pie}^3$$

$$Q3 = 96\,043{,}2 \text{ BTU}$$

Tabla AV.8. Cambios de aire promedio en 24 horas para cuarto frios debido a apertura de puertas.

Volumen pies³	Cambios de Aire en 24 Hrs.	Volumen pies³	Cambios de Aire en 24 Hrs.	Volumen pies³	Cambios de Aire en 24 Hrs.
200	44.0	2,000	12.0	25,000	3.0
250	38.0	3,000	9.5	30,000	2.7
300	34.5	4,000	8.2	40,000	2.3
400	29.5	5,000	7.2	50,000	2.0
500	26.0	6,000	6.5	75,000	1.6
600	23.0	8,000	5.5	100,000	1.4
800	20.0	10,000	4.9	150,000	1.2
1,000	17.5	15,000	3.9	200,000	1.1
1,500	14.0	20,000	3.5	300,000	1.0

(Bohn, 2005, p.8).

Tabla AV.9. Calor removido del aire de enfriamiento para cuartos frios (BTU/pie³)

Temperatura del cuarto de almacenamiento		Temperatura del aire exterior											
		40°F (4.4°C)		50°F (10°C)		85°F (29.4°C)		90°F (32.2°C)		95°F (35°C)		100°F (37.8°C)	
		Humedad Relativa del Aire Exterior, %											
°F	°C	70	80	70	80	50	60	50	60	50	60	50	60
55	12.8	—	—	—	—	1.12	1.34	1.41	1.66	1.72	2.01	2.06	2.44
50	10.0	—	—	—	—	1.32	1.54	1.62	1.87	1.93	2.22	2.28	2.65
45	7.2	—	—	—	—	1.50	1.73	1.80	2.06	2.12	2.42	2.47	2.85
40	4.4	—	—	—	—	1.69	1.92	2.00	2.26	2.31	2.62	2.67	3.65
35	1.7	—	—	0.36	0.41	1.86	2.09	2.17	2.43	2.49	2.79	2.85	3.24
30	-1.1	0.24	0.29	0.58	0.66	2.00	2.24	2.26	2.53	2.64	2.94	2.95	3.35
25	-3.9	0.41	0.45	0.75	0.83	2.09	2.42	2.44	2.71	2.79	3.16	3.14	3.54
20	-6.7	0.56	0.61	0.91	0.99	2.27	2.61	2.62	2.90	2.97	3.35	3.33	3.73
15	-9.4	0.71	0.75	1.06	1.14	2.45	2.74	2.80	3.07	3.16	3.54	3.51	3.92
10	-12.2	0.85	0.89	1.19	1.27	2.57	2.87	2.93	3.20	3.29	3.66	3.64	4.04
5	-15.0	0.98	1.03	1.34	1.42	2.76	3.07	3.12	3.40	3.48	3.87	3.84	4.27
0	-17.8	1.12	1.17	1.48	1.56	2.92	3.23	3.28	3.56	3.64	4.03	4.01	4.43
-5	-20.6	1.23	1.28	1.59	1.67	3.04	3.36	3.41	3.69	3.78	4.18	4.15	4.57
-10	-23.3	1.35	1.41	1.73	1.81	3.19	3.49	3.56	3.85	3.93	4.33	4.31	4.74
-15	-26.1	1.50	1.53	1.85	1.92	3.29	3.60	3.67	3.96	4.05	4.46	4.42	4.86
-20	-28.9	1.63	1.68	2.01	2.00	3.49	3.72	3.88	4.18	4.27	4.69	4.66	5.10
-25	-31.7	1.77	1.80	2.12	2.21	3.61	3.84	4.00	4.30	4.39	4.80	4.78	5.21
-30	-34.4	1.90	1.95	2.29	2.38	3.86	4.05	4.21	4.51	4.56	5.00	4.90	5.44

(Bohn, 2005, p.8).

Carga por paredes techo y piso del cuarto frío con piso de cemento y aislamieto de 5 plg con lana de vidrio, en paredes y techo.

$$Q4 = L * A * Cc \qquad [AV.64]$$

Donde

Cc: Carga de calor (BTU/pie²) (Extraído de la Tabla 1, pág. 14, Bohn, 2005)

L: largo (pie)

A: ancho (pie)

Techo:

$$Q4 = 32{,}7 * 32{,}7 * 65$$

$$Q4 = 69550 \text{ BTU}$$

Paredes:

$$Q5 = 32{,}7 * 10 * 65$$

$$Q5 = 21262 \text{ BTU}$$

Piso:

$$Q6 = 32{,}7 * 32{,}7 * 225$$

$$Q6 = 240\ 750 \text{ BTU}$$

La carga total viene dada por:

$$\text{Qtotal} = Q1 + Q2 + Q3 + Q4 + Q5 + Q6 \qquad \text{[AV.65]}$$

$$\text{Qtotal} = 1\ 213\ 458{,}2 \text{ BTU/día}$$

Factor de seguridad 10%

$$\text{Qfinal} = 1213458{,}2 \cdot 1{,}1 = 1\ 334\ 804 \frac{\text{BTU}}{\text{día}} = 55\ 617 \text{ BTU/h}$$

- **Cuarto de maduración**

Para el diseño del cuarto de maduración se calculó la carga de refrigeracion necesaria para enfriar 5 049 kg/día de fruta y mantenerlas frias durante 10 días, la temperatura de refrigeración fue de 15 ºC (National Mango Board, 2018, p.6).

Se calculó las dimensiones del cuarto frío en base a la cantidad de fruta a almacenarse en canastas dispuestos en anaqueles, para una capacidad de 5 400 ft^3 (ya que según la Fgura AV.9 corresponde a un factor promedio de 0,48 ft^3/lb a refrigerar) con una carga máxima de 5 049 kg/día de fruta (11 121 lb) (tomando en cuenta el criterio de almacenamiento de 10 días como máximo de fruta no madura

para un total real de 505 kg diarios de fruta no madura almacenada) que entra a refrigeración a temperatura ambiente de 28 ºC. (Bohn, 2005).

Cálculo de carga energética requerida para enfriar 10 100 kg/día de melón

$$Q1 = m * cp * \Delta T \qquad [AV.61]$$

$$Q1 = 11121 \frac{lb}{día} * 0{,}93\ BTU * \frac{BTU}{lb * °F} * (82{,}4 - 59)°F$$

$$Q1 = 242\ 015{,}2\ BTU$$

Carga de la respiración del melón durante los 10 días

$$Q2 = m * Cr \qquad [AIV.63]$$

Donde

Cr: calor de respiración (BTU/lb)

$$Q2 = 11121\ lb/día * 4{,}22\ BTU/lb$$

$$Q2 = 46\ 931\ BTU$$

Carga por apertura de puertas

$$Q3 = Va * F1 * F2 \qquad [AIV.64]$$

Donde

Va: Volumen de aire (pie^3)

F1: Factor de carga (extraído de la Figura AV.9.)

F2: Factor de carga (extraído de la Figura AV.10.)

Sustituyendo,

$$Q3 = 5\ 400 pie^3 * 7 * 1{,}66 \frac{BTU}{pie^3}$$

$$Q3 = 62\ 748\ \text{BTU}$$

Carga por paredes techo y piso del cuarto frío con piso de cemento y aislamieto de 5 plg con lana de vidrio, en paredes y techo.

$$Q4 = L * A * Cc \qquad \text{[AIV.65]}$$

Donde

Cc: Carga de calor (BTU/pie^2) (Extraído de la Tabla 1, pág. 14, Bohn, 2005)

L: largo (pie)

A: ancho (pie)

Techo:

$$Q4 = 23{,}2 * 23{,}2 * 58$$

$$Q4 = 31\ 320\ \text{BTU}$$

Paredes:

$$Q5 = 23{,}2 * 10 * 58$$

$$Q5 = 31\ 320\ \text{BTU}$$

Piso:

$$Q6 = 23{,}2 * 23{,}2 * 200$$

$$Q6 = 108\ 000\ \text{BTU}$$

La carga total viene dada por:

$$Qtotal = Q1 + Q2 + Q3 + Q4 + Q5 + Q6 \qquad \text{[AIV.66]}$$

$$Qtotal = 504\ 489{,}2\ \text{BTU}$$

Factor de seguridad 10%

$$\text{Qfinal} = 504\,489{,}2\ \text{BTU} \cdot 1{,}1 = 554\,938\ \frac{\text{BTU}}{\text{día}} = 23\,122\,\frac{\text{BTU}}{\text{h}}$$

AV.12. CÁLCULOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL SECADOR POR ASPERSIÓN

Calentador de Aire: El calentador de aire que se dimensionó es un calentador eléctrico, para su diseño se propuso disponer de una corriente de 240 voltios trifásica, donde la potencia en kW viene dada por la Ecuación AV.67 (Yanza, 2003, p.110).

$$kW = Wt * Cp * \Delta\text{T} \qquad \text{[AV.67]}$$

Donde:

kW: Potencia del calentador (kW)

Wt: Flujo de aire (kg/s)

Cp: Capacidad calórica del aire (kJ/kg ºC)

⊿T: Variación de temperatura (ºC)

Tabla AV.10. Variables de diseño del calentador de aire (240 voltios, trifásico)

Variable	Unidad	Valor
Temperatura de entrada del aire	°C	25
Humedad relativa del aire de entrada	%	90
Temperatura de salida del aire	°C	180
Flujo de aire requerido	kg/h	2 401,6

Al no poseer una carta psicométrica permita encontrar los valores a una temperatura de 180 °C para calcular la capacidad calorífica del aire, se utilizó la Ecuación indicada en la Figura AV.12 (Himmelblau, 1997).

Tabla AV.11. Capacidad calorifica del aire

Sustancia	Ecuación
Aire 273<T<1800 K J/mol-K	$Cp = 28.09 + 0.1965 \times 10^{-2} \cdot T + 0.4799 \times 10^{-5} \cdot T^2 - 1.965 \times 10^{-9} \cdot T^3$

(Himmelblau, 1997).

Como elemento calefactor se utilizó el cobre, por su mayor conductividad, mismo que reportó un requerimiento de 9,3 W/cm^2 (Heater Handbook, 2005).

Con esto se obtiene la capacidad del calentador necesario, y el material de construcción.

Cp aire = 29,062 J/mol K = 1,007 KJ/kg °C

Potencia del calentador:

$$kW = \frac{2\,401{,}6 * 1{,}007 \ * (180 - 28)}{3\,600} = 102{,}1\ kW$$

Cámara de secado: En la cámara de secado se va a llevar a cabo la interacción aire gota, donde se va a separar el medio acuoso que ayudó al encapsulamiento de las micro-cápsulas secas que contienen los beta-carotenos, para el diseño de la cámara de secado se propuso una geometría cilíndrica con un fondo cónico, y se utilizó la Ecuación AV.68 para calcular el volumen de la cámara (Yanza, 2003).

$$Vc = Qa \ * \ Tr \qquad \text{[AV.68]}$$

Donde:

Vc: Volumen de la cámara (m^3)

Qa: Caudal volumétrico de aire ($m^3 s^{-1}$)

Tr: Tiempo de residencia (s)

Tabla AV.12. Criterios de selección de tiempos de residencia

Tiempo de residencia (s)	Criterio
Breve (10-15 s)	Productos con partículas finas fáciles de atomizar con contenido de humedad superficial, sensibles al calor.
Medio (25-35 s)	Partículas finas, semi-gruesas con tamaño inferior a 180 µm, productos poco resistentes al calor
Largo (40 s o más)	Partículas gruesas Mayores a 200 µm, resistentes al calor.

(Masters K, 1994, p.229).

A continuación, se identificaron las variables necesarias detalladas en la Tabla AV.15. El tiempo de residencia fue de 25 s.

Tabla AV.13. Variables para el diseño de la cámara de secado

Variable	Unidad	Valor
Tiempo de residencia	s	25
Flujo de aire	kg/h	2 401,6
Temperatura de aire de entrada	°C	28
Flujo de pulpa de fruta a ingresar	kg/h	128
Temperatura de entrada de la pulpa de fruta	°C	10

Para el aire a la entrada, la densidad estimada por la Ecuación de gas ideal corresponde a:

$$\rho = \frac{P \cdot PM}{R \cdot T} = \frac{101{,}325\ KPa \cdot 29\ Kg/Kgmol}{8{,}314 \frac{KJ}{Kgmol\ K}(28+273{,}15)} = 1{,}1736\ Kg/m^3 \qquad [AV.69]$$

De donde entonces:

$$Qa = \frac{\dot{m}_{aire}}{\rho} = 2046{,}34\frac{m^3}{h} = 0{,}5684\ \frac{m^3}{s} \qquad [AV.70]$$

Sustituyendo, se tiene,

$$Vc = 0{,}5684\ m^3/s\ *\ 25\ s\ =\ 14{,}21\ m^3$$

La geometría de la cámara de secado está conformada por un cilindro y un cono, para el cálculo de las dimensiones de la cámara se utilizó las ecuaciones AV.71 y AV.72 (Yanza, 2003, p.92).

$$Vcono = \frac{\pi\ x\ D^2 x\ hcono}{12} \qquad [AV.71]$$

$$Vcilindro = \frac{\pi\ x\ D^2 x\ hcilindro}{4} \qquad [AV.72]$$

Para escoger la altura y el diámetro de la cámara de secado se elaborará una tabla con valores relacionados de diámetro y altura y se escogerá la relación que más nos convenga para el diseño de la planta. Ahora se selecciona el volumen comercial más cercano, correspondiente a 20 m^3.

Tabla AV.14. Relación diámetro altura en cilindros de 20 m^3

Diámetro (m)	Altura (m)
5,05	1
3,57	2
2,91	3
2,52	4
2,26	5
2,06	6
1,91	7
1,78	8

Se escogió la altura de 4 m, con un diámetro de 2,52 m, pues se conoce que el aumentar el diámetro del cilindro favorece al secado de las gotas, se utilizó la Figura AV.17 para escoger el diámetro mínimo requerido y la disposición que se de en planta determinará los costos en infraestructura requeridos por el equipo (Muñoz, 2015, p.63).

Tabla AV.15. Relación entre el tamaño de partícula, flujo de líquido a secar y diámetro del cilindro

Tipo de spray	Tamaño medio aproximado (μm)	D mínimo (m)	$E_{máx}$ aproximada (kg h^{-1})
Muy fino	20-40	1.5	20
Fino	40-80	2	150
Medio - grueso	80-100	4	1000
Grueso	100-120	5	1500
	120-150	6	1500

(Masters K, 1994, p.230).

Por lo tanto

V cono = V cámara – V cilindro

$$\frac{\pi\ x\ Dc^2 x\ hcono}{12} = 20m^3 - \frac{\pi\ x\ Dcil^2 x\ hcilindro}{4} \qquad [AV.73]$$

Para calcular el diámetro inferior del cono se utiliza la Ecuación AV.74 (Muñoz, 2015, p.69)

$$Di\ cono\ = \frac{Dcil}{10} \qquad [AV.74]$$

$$Di\ cono\ = 0{,}252\ m$$

Sustituyendo,

$$\frac{\pi\ x\ 0{,}252^2 x\ hcono}{12} = 20m^3 - \frac{\pi\ x\ 2{,}52^2 x\ 4}{4}$$

Se tiene,

h cono = 2,99 m

h total = 6,98 m

Boquilla de aspersión: Para el diseño del atomizador se planteó disponer el mayor rango de producto a secar, en función de la viscosidad del producto, y su contenido de sólidos se estableció que la boquilla de aspersión será la de discos rotatorios, para escoger la boquilla se utilizaron las condiciones propuestas por Yanza, 2003, p.92.

Tabla AV.16. Especificaciones recomendadas para escoger boquilla en secador

Variable	Valor
Tipo de boquilla	Rotatoria
Diámetro (mm)	120
Velocidad periférica (m/s)	120
Altura de las aspas (mm)	8
Número de aspas	18
Material de construcción	Acero inoxidable
Tamaño de partícula deseado (μm)	20-30

(Yanza, 2003, p.92).

Bomba de impulsión: La bomba de impulsión del secador por aspersión es la encargada de impulsar la pulpa de fruta acondicionada desde el tanque agitado de almacenamiento TK-101 hasta la boquilla rotatoria de atomización, y generar la presión necesaria para que la boquilla atomizadora trabaje sin dificultad (Muñoz, 2015 p.77).

Los cálculos realizados para el dimensionamiento de la bomba P-103 se encuentran detallados en el Anexo AV.10, y obteniendo una potencia requerida para la bomba de 0,06 hp.

Ciclón: El ciclón es el equipo encargado de la separación de los sólidos obtenidos después del secado desechando el vapor de agua producido después del secado (Muñoz, 2015 p.70). Para el diseño del ciclón se utilizaron las tablas de eficiencia

de ciclones propuesta por (Masters K., 1994). Para el diseño del ciclón de base cónica se utilizaron las relaciones propuestas por (Echeverri, 2006) ubicadas en la Figura AV.14.

De acuerdo a (Yanza, 2003), para un ciclón con base cónica con ángulo de 60 º de velocidad de entrada de 12 a 36 m/s se establecen las siguientes relaciones:

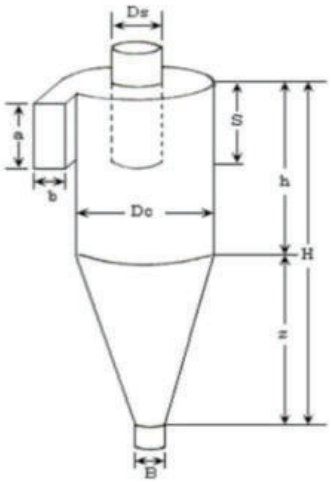
En base a la Figura AV.14, se relacionó las dimensiones del ciclón, todos los cálculos se realizaron tomando en cuenta una entrada de fluido con vapor al ciclón de 15 m/s (Masters K, 1994), las medidas del ciclón se resumen en la Tabla AV.19.

Tabla AV.17. Relaciones dimensionales para un ciclón de alta eficiencia

DIMENSIÓN	Relación	Tipo de ciclón de alta eficiencia	
		Stairmand	Swift
Diámetro del cuerpo	D/D	1	1
Altura de la entrada	a/D	0.5	0.44
Anchura de la entrada	b/D	0.2	0.21
Diámetro de la salida del gas	D_S/D	0.5	0.4
Longitud del buscador del vórtice	S/D	0.5	0.5
Longitud del cuerpo	h/D	1.5	1.4
Longitud del cono	z/D	2.5	2.5
Altura total del ciclón	H/D	4	4
Diámetro del enchufe del polvo	B/D	0.375	0.4

(Echeverri, 2006)

Figura AV.6. Esquema de las variables de diseño de un ciclón



(Masters K, 1994)

Para calcular el área rectangular de entrada del flujo proveniente de la cámara de secado se utiliza la Ecuación AV.75 propuesta por (Muñoz, 2015).

$$A = \frac{Vas}{V} \qquad \text{[AV.75]}$$

Donde

A: área requerida

Vas: Caudal volumetrico (m^3/s)

V: velocidad de entrada (m/s)

Sustituyendo los valores, queda,

$$A = \frac{0{,}5684\ m^3/\mathrm{s}}{15\ m/s} = \ 0{,}038\ m^2$$

Teniendo en cuenta las relaciones de la Figura AV.14, el ancho y el largo de la entrada del ciclón serían:

$$A = a \cdot b \qquad \text{[AV.76]}$$

$$A = (0{,}5\ \mathrm{D}) \cdot \ (0{,}2\ \mathrm{D}) = 0{,}1D^2$$

Por lo cual el diámetro del ciclón es:

$$D = \sqrt{\frac{A}{0,1}} = 0,62\ m$$

Utilizando las relaciones para el diseño de un ciclón tipo Stairmand se obtiene la Tabla AV.19.

Tabla AV.18. Dimensiones del ciclón

Segmento	Símbolo	Valor (m)
Diámetro del cuerpo del ciclón	D	0,62
Ancho de conducto de entrada	b	0,12
Altura del conducto de entrada	a	0,31
Diámetro de salida del gas	Ds	0,31
Altura del ciclón	H	2,48
Longitud del cuerpo	h	0,93
Longitud del cono	z	1,55
Diámetro del segmento de salida del polvo	B	0,233

ANEXO VI

CALCULO DE ÁREAS DE LA PLANTA

CÁLCULO DE LA SUPERFICIE OCUPADA POR LOS EQUIPOS

Cálculo de espacio requerido para cada equipo

$$A= (L + 0,6 + 0,45) \times (a + 0,45 + 0,45) \qquad [AVI.1]$$

A: Área que ocupa el equipo (m^2)

L: Largo del equipo (m)

a: Ancho del equipo (m)

0,6: espacio requerido para operar el equipo (m)

0,45: espacio requerido para limpieza del equipo (m)

Tabla AVI. 1 Espacio requerido por cada equipo

Equipo	Tamaño físico (m)	Cantidad	Espacio que ocupa (m^2)	Espacio requerido (m^2)
Báscula	0,8 x 1	1	0,80	3,52
Banda transportadora	0,6 x 1,80	2	2,16	8,91
Drencher de limpieza	2,3 x 0,5	1	1,15	4,69
Pozo de inmersión	5,05 x 0,6	1	3,03	9,15
Despulpadora	1 x 0,40	1	0,40	2,67
Filtro de tambor rotatorio	0,54 x 0,25	1	0,14	1,83
Tanque de Almacenamiento	0,73 x 0,73	1	0,53	2,90
Reactor móvil	0,80 x 0,80	2	1,28	6,29
Tanque agitado	1,06 x 1,06	1	1,12	4,14

Tabla AVI. 1 Espacio requerido por cada equipo (continuación)

Equipo	Tamaño físico (m)	Cantidad	Espacio que ocupa (m^2)	Espacio requerido (m^2)
Sistema de agitación	0,50 x 1,00	1	0,50	2,95
Bomba peristáltica	0,5 x 0,5	2	0,50	4,34
Cuarto frío	10 x 10	1	100,00	120,45
Cuarto de maduración	7 x 7	1	49,00	63,60
Lavabos de limpieza	0,40 x 0,60	2	0,48	4,35
Pediluvios	0,50 x 0,70	1	0,35	2,48
Mesa de corte	1,50 x 0,8	2	2,40	8,67
Secador por aspersión	5 x 5	1	25,00	35,70
Empacadora	2 x 2	1	4,00	8,85
Compresor de aire	3,14 x 1,65	3.14	1.65	1
Apilamiento de pallets	1,5 x 1,5	6	13,50	36,72
			TOTAL	**343,74**

Total requerido = Total por equipos * 1,80

Total requerido = 618,7 m^2

AVI.2 CÁLCULO DE LAS ÁREAS DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN

R: Área de recepción y descarga de fruta.

Se estima procesar cerca de 3 Tn de fruta al día, por tanto, esta fruta llegará a la planta de camiones o camionetas, el área de recepción de la fruta deberá permitir la maniobra de 2 camiones grandes de 3 m de ancho por 12 m de largo, por lo que

el área mínima para recibir la fruta será de 10,5 m x 12 m, permitiendo la salida de los camiones.
Área estimada: 126 m^2

CC: Área de control de calidad y planificación de la producción.

La pruebas de control de calidad que se realizarán son humedad, viscosidad, pH, y contenido de sólidos solubles, estas pruebas no requieren un laboratorio grande para su realización, el laboratorio de control de calidad tendrá una estufa pequeña, un lavabo, y una campana para pruebas de hermeticidad del empaque, junto al laboratorio se dispondrá de un anaquel para guardar las muestras de retención, y un escritorio con computada para el registro de todo lo analizado, con todos estos requerimientos el área de control de calidad será de 8 m x 3 m, dividido en dos zonas de 5 m x 3 m para el laboratorio y de 3 m x 3 m para el despacho.

Área de CC= 24 m^2

D: Área de desechos

Se espera producir cerca de 600 kg/día de desechos correspondientes a la cáscara de frutas, semillas impurezas y desperdicios, y mermas de la producción, estos desperdicios se los colocaras en sacos o canastas sobre pallets plásticos, por lo tanto el área de desechos deberá permitir el manejo de al menos dos pallets plásticos de 1,10 x 1 m de dimensiones.
De acuerdo a la Ecuación AV.1 las dimensiones del área desechos serán:

$$A = 2 * (1{,}10 + 0{,}60 + 0{,}45) * (1{,}00 + 0{,}45 + 0{,}45) \qquad [AV.1]$$

Área estimada = 14 m^2

M: Bodega de materia prima insumos y empaque

La materia prima a utilizar es principalmente maltodextrina a una razón de 160 kg/día aproximadamente, la presentación de la maltodextrina es de sacos de 25 kg, por lo tanto se ocuparán 7 sacos al día, asumiendo una compra quincenal del producto la bodega deberá almacenar 105 sacos de maltodextrina, mismos que se dispondrán sobre pallets de madera, ocupando 4 pallets de madera con 25 sacos cada pallet, los empaques requeridos para el proceso serán los rollos de film aluminizado, los insumos para los servicios y para el laboratorio de control de calidad no requieren de un espacio mayor al de un anaquel de 3 x 0,60 m. Con estos criterios la bodega de materias primas dispondrá de 4 pallets de madera, un anaquel 3 x 0,60 m en 4 pisos, y un escritorio con computadora para el registro de la actividad de la bodega.

$$A = (4 * (1{,}10 + 0{,}60 + 0{,}45) * (1{,}00 + 0{,}45 + 0{,}45)) + (4{,}05 * 1{,}80) + (2{,}05 * 2{,}30)$$

Área estimada= 51,02 m^2

PT: Bodega de producto terminado

Se va a producir 300 kg/día de pulpa encapsulada, la presentación del producto será en empaques de 500 g, contenidos en cajas de 12 unidades, por tanto se embalaran 50 cajas de producto al día, el producto se almacenará en pallets y cada pallet dispondrá de 50 cajas, por tanto se almacenará un pallet de producto final al día, la bodega podrá almacenar la producción de 10 días, aquí también se debe disponer de un escritorio con computadora para el registro de las actividades, es así como la superficie de la bodega de producto terminado tendrá un área de:

$$A = 10 * (1{,}10 + 0{,}60 + 0{,}45) * (1{,}00 + 0{,}45 + 0{,}45) + (2{,}05 * 2{,}30)$$

$$\text{Area estimada} = (40{,}85 + 4{,}35)\text{m}^2 = 81{,}35\ \text{m}^2$$

Área estimada= 82 m^2

T: Área de mantenimiento y servicios auxiliares

En el área de mantenimiento dispondrá de las herramientas necesarias para dar soporte a los requerimientos de los equipos de producción, además de mesas de trabajo por lo cual se estima un área de 30 m^3 para este objetivo, los servicios auxiliares corresponden a sistemas de purificación y bombeo de agua, calefacción y enfriamiento de agua con una superficie de 40 m^2.

A: Área administrativa

De acuerdo al organigrama de la empresa se espera contratar un gerente de planta, dos vendedores y un contador, por lo tanto se dispondrá de una oficina para el gerente general, con baño, de 4 x 4 m una oficina para los vendedores de 5 x 4 m y una oficina para el contador de 4 x 3 m de esta manera se estimó que la superficie para el área administrativa es de 48 m^2.

C: Comedor

En el comedor van a servirse almuerzos en diferentes horarios, teniendo en cuenta que el total de trabajadores será de 12 personas el comedor dispondrá de una cocina pequeña de 4 x 3 m, y 4 mesas de 4 personas, dispuestas en un área de 6 x 6 m.

Área del comedor: 48 m^2

V: Áreas verdes

Para las áreas de esparcimiento se proponen 50 m^2 de jardines y 200m^2 donde se dispondrá de una cancha de futbol y vóley para el esparcimiento de los trabajadores.

E: Estacionamientos y guardianía

El estacionamiento dispondrá de un espacio para parquear 10 vehículos livianos de 5 x 2 m y 5 camiones grandes de 12 x 3 m, con un total de 280 m^2.

S: Sanitarios y vestidores

En la planta se dispondrá de baños y vestidores para hombres y mujeres, los vestidores permitirán el aseo y ducha de 4 personas a la vez con un área de 4 x 3 m, con un baño de 2,5 x 2,5m. El baño del área administrativa corresponderá a un baño de 2,5 x 2,5 de tamaño regular. Por lo tanto, el área de sanitarios y vestidores ocupará 42,75 m^2.

ANEXO VII

ESTIMACIÓN DE COSTOS Y EVALUACIÓN ECONÓMICA

VII.1 Estimación de costos

Se determinó en primera instancia el costo de los equipos mayores sin instalación, partiendo de la relación costo-capacidad, de la forma:

$$Costo_2 = Costo_1 \left(\frac{Cap_2}{Cap_1}\right)^n \qquad \text{[AVII.1]}$$

Se lograron ubicar una serie de precios de referencia de acuerdo a algunos fabricantes consultados, los cuales se muestran a continuación en la Tabla AVII.1,

Tabla AVII.1 Costos de referencia de equipos para estimación de costo de equipos

Equipo	Costo referencia (USD)	Cap. Referencia	Fabricante
Báscula	200	500 Kg	**Zhengzhou Jinmai Weighing Apparatus Co., Ltd**
Banda transportadora	500	2 Ton/h	**Henan Province Yingda Machinery Manufacturing Co., Ltd.**
Drencher de limpieza	5 000	1 000 Kg/h	**Jiangsu Kuwai Machinery Co., Ltd.**
Pozo de inmersión	1200	0,73 m^3	**Fabricante Nacional**
Despulpadora	500	300 Kg/h	**Zhengzhou VOS Machinery Equipment Co., Ltd.**
Filtro de tambor rotatorio	2 815	300 Kg/h	**Yantai Fulin Mining Machinery Co., Ltd.**
Tanque de Almacenamiento TK-101	100	0,1 m^3	**Wenzhou Jhen Ten Machinery Co., Ltd.**

Tabla AVII.1 Costos de referencia de equipos para estimación de costo de equipos (continuación)

Equipo	Costo referencia (USD)	Cap. Referencia	Fabricante
Reactor móvil	1 200	0,2 m^3	**Guangzhou Guanyu Machinery Co., Ltd.**
Tanque agitado	1 200	0,2 m^3	**Guangzhou Guanyu Machinery Co., Ltd.**
Bomba peristáltica	3 200	0,5 hp	**INOXPA**
Cuarto frío	60 000	-	**Fabricante Nacional**
Cuarto de maduración	35 000	-	**Fabricante Nacional**
Secador por aspersión	116 115	150 Kg/h	**Jiangyin Top International Trade Co., Ltd**
Empacadora	20 328	25 Kg/h	**Fabricante Nacional**
Compresor de aire	80 200	250 kW	**DENAIR Energy Saving Technology (Shanghai) PLC**

En el Anexo VII.3 se encuentran las figuras donde pueden observarse las cotizaciones y precios de referencia localizados para realizar éste estudio económico. Para un factor costo-capacidad de 0,6 (Peters y Timmerhaus, 2002), se determinaron los costos de los equipos, presentados a continuación en la Tabla AVII.2.

Tabla AVII.2 Costos estimados de equipos sin instalación

Equipo	Cantidad	Capacidad	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
Báscula	1	500 Kg	200,00	200
Banda transportadora	2	1 Ton/h	307,79	700
Drencher de limpieza	1	800	4276,94	4 300
Pozo de inmersión	1	0,73	1200,00	1 200
Despulpadora	1	500	5 714,93	5 700
Filtro de tambor rotatorio	1	250	2477,72	2400
Tanque de Almacenamiento TK-101	1	1,24	1 582,63	1 600
Reactor móvil	2	0,52	2 342,41	4 700
Tanque agitado	1	2,3	6 632,39	6 600
Bomba peristáltica	3	0,5	3 100,00	9 300
Cuarto frío	1	302,8	60 000,00	60 000
Cuarto de maduración	1	152,8	30 000,00	30 000

Tabla AVII.2 Costos estimados de equipos sin instalación (continuación)

Equipo	Cantidad	Capacidad	Costo unit (USD)	Costo total (USD)
Secador por aspersión	1	150	116 115,00	116 000
Empacadora	1	25	20328,00	20 400
			Total USD	**263 100**

Considerando un factor de seguridad de 1,9924 (estimado según lo indicado en el Anexo VII.5) sobre el costo de los equipos por concepto de importación directa, se obtiene entonces un total de 524 226 USD.

Ahora se procede a determinar los costos directos de inversión, de acuerdo al método propuesto por Peters y Timmerhaus (2002), como se muestra en la Tabla AVII.3.

Tabla AVII.3 Costos directos

Ítem	Factor	Costo
Costo de equipos	-	524 226,0
Costos de traslado de equipos	0,1*Costo equipos	52 422,6
Subtotal equipos entregados	**1 (Base)**	576 648,6
Costo de instalación de equipos	0,39	224 893,0
Instrumentación y Control	0,26	149 928,6
Tuberías	0,31	178 761,1
Sistemas eléctricos	0,10	57 664,9
Costo de infraestructura	0,29	167 228,1
Costo de terreno	0,12	69 197,8
Instalación de Servicios	0,55	317 156,7
	Total Costos directos (USD)	**1 741 478,8**

Ahora se procede a determinar los costos indirectos de inversión, de acuerdo al método propuesto por Peters y Timmerhaus (2002), tomando como base para los

factores el costo de equipos instalados de igual modo, como se muestra en la Tabla AVII.4.

Tabla AVII.4 Costos indirectos

Ítem	Factor	Costo
Ingeniería y Supervisión	0,32	184 527,6
Gastos de construcción	0,34	196 060,5
Gastos legales	0,04	23 065,9
Servicios contratistas	0,19	109 563,2
Contingencia	0,37	213 360,0
Total Costos indirectos (USD)		**726 577,2**

Totalizando los costos se obtiene la Tabla AVII.5

Tabla AVII.5 Totalización de costos

Ítem	Factor	Costo
Costos directos	-	1 741 478,8
Costos indirectos	-	726 577,2
Costos de Capital de Trabajo	0,75	432 486,5
Inversión de Capital (FCI) Total USD		**2 900 542,5**

AVII.2 Evaluación económica

Para llevar a cabo la evaluación económica, se procede en primer lugar a determinar los siguientes parámetros: ingresos anuales esperados por venta, costo de materias primas, costos de personal, costo de servicios industriales, los cuales forman parte de los costos totales anuales sin depreciación. Posterior a ello, se evaluó el flujo de caja y los parámetros financieros.

A continuación en la Tabla AVII.6 se muestran a continuación los ingresos anuales por venta,

Tabla AVII.6 Ingresos Totales Anuales Esperados por Venta

Producto	Cantidad (Kg/año)	Precio unitario (USD/Kg)	Precio Total (USD)	Referencia
Pulpa de melón micro encapsulado en polvo	37 500	50	1 875 000	Xi'an Rongsheng Biotechnology Co., Ltd.
Pulpa mango micro encapsulado en polvo	37 500	25	937 500	Shaanxi Jintai Biological Engineering Co., Ltd.
Total Ingresos anuales esperados (USD)			**2 812 500**	

Los costos anuales de materias primas se presentan a continuación en la Tabla AVII.7.

Tabla AVII.7 Costos Anuales de materia prima

Producto	Cantidad (Kg/año)	Precio unitario (USD/Kg)	Precio Total (USD)	Referencia
Maltodextrina	38 300	1,40	53 620	Importador Nacional
Agua destilada	32 000	0,50	16 000	Producción Nacional
Enzimas	355	500,00	177 500	Merck Ecuador
Mango fresco	193 520	0,65	125 788	Producción Nacional
Melón fresco	317 130	0,50	158 565	
Total Costos anuales materia prima (USD)			**531 473**	

Los costos de personal (producción y ventas) se indican a continuación en la Tabla AVII.8.

Tabla AVII.8 Costos Anuales de personal

Cargo	Cantidad	Salario básico (USD/año)	Bonificaciones[1] (USD/año)	RAU total[2] (USD/ año)
Supervisor de Producción	2	9600	1 186	21 572
Operario	12	4632	772	64 848
Jefe de mantenimiento	1	16 800	1 786	18 586
Jefe de planta	1	16 800	1 786	18 586
Gerente de ventas y marketing	1	16 800	1 786	18 586
Secretaria de contabilidad	1	4 632	772	5 404
Seguridad	1	6 000	886	6 886
Vendedores	-	-	-	10 800
Marketing	-	-	-	6 000
Publicidad	-	-	-	12 000
Logística y Distribución	-	-	-	14 400
Otros (imprevistos)				2 160
Total Costos anuales personal (USD)				**199 828**

[1]Correspondiente a decimos y vacaciones según legislación laboral vigente
[2] RAU: Remuneración Anual Unificada total

Para determinar los costos de servicios industriales, se procede en primer lugar a totalizar el consumo de estos servicios, como sigue a continuación en la Tabla AVII.9.

Tabla AVII.9 Consumo anual de servicios industriales

Equipo	Consumo	Servicio	Horas totales anuales de consumo[1]	Consumo Total[2]
Drencher de limpieza	1,5 kW	Electricidad	3 000	4 500
Despulpadora	1,8 kW	Electricidad	3 000	5 400
Agitador R-101	4,31 kW	Electricidad	3 000	12 930
Agitador RP-101	0,67 kW	Electricidad	3 000	2 010
Bombas	1 kW	Electricidad	3 000	30 00
Unidad refrigeración cuarto frio	16,3 kW	Electricidad	3 000	48 900
Unidad refrigeración cuarto maduración	6,8 kW	Electricidad	3 000	20 400
Secador por Aspersión SP-101	250 kW	Electricidad	3 000	750 000
Total consumo electricidad (kWh)				**847 140**
Enfriador de agua	2,78 kW	Refrigeración de bajo nivel (5 °C)	3 000	30
TK-101	123,33 kW		3 000	1332
Total servicio de calefacción/refrigeración (GJ)				**1 362**

[1]Correspondiente a la cantidad de horas al año que el equipo consume energía. (125 días x 12 horas)
[2] Corresponde a las horas totales consumidas por la cantidad de energía en cada hora.

Tabla AVII.10 Costo anual de servicios industriales

Servicio	Cantidad	Costo unitario	Costo total (USD)	Referencia
Electricidad	850 000 KWh	0,082 $/KWh	69 700	Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2018
Refrigeración (B.N.)	1 500 GJ	5 $/GJ	7 500	Petters y Timmerhaus (2002)
Total costo anual de servicios industriales (USD)			**77 200**	

Procediendo a establecer finalmente los costos anuales de producción sin depreciación, se tiene entonces lo expresado en la Tabla AVII.11.

Tabla AVII.11 Costos totales anuales de producción sin depreciación

Ítem	Factor	Base	Costo total
Costos materia prima	-	-	531 473
Costos de personal	-	-	199 828
Costo de servicios	-	-	77 200
Costos de mantenimiento	0,05	Capital de Inversión	152 111,2
Costos insumos de producción	0,15	Mantenimiento	22 816,7
Costos de laboratorio	0,15	Personal	29 974,2
Impuestos	0,02	Capital de Inversión	50 703,7
Seguros	0,01	Capital de Inversión	25 351,9
Imprevistos sobrecarga de planta	0,6	Personal + Mantenimiento	211 163,5
Investigación y desarrollo	0,04	Costo total anual	54 192,6
Total costos anuales de producción sin depreciación (USD)			**1 354 815**

Procediendo finalmente a obtener los parámetros financieros: flujo de caja anual, valor presente neto (VPN) y tasa interna de retorno empleando la herramienta de cálculo propuesta por Peters y Timmerhaus (2002), la cual puede observarse en la Figura AVII.1, se tiene finalmente en la Tabla AVII.12 con los siguientes resultados.

ECONOMIC EVALUATION																			
Project identifier: Illustration 101					CURRENT, i.e. INFLATED, DOLLARS														
Expenditures, entries must be negative					Construction inflation rate, fraction/y											0.02			
Default values, can be changed					Product price inflation rate, fraction/y										=	0			
Required, user must supply					TPC inflation rate, fraction/y										=	0.02			
Required, may be calculated here, in linked					Annual-compounding discount rate, fraction/y = minimum acceptable rate of return, m_r =													0.10	
worksheet, or entered manually					Continuous-compounding discount rate, fraction/y = minimum acceptable rate of return, r_c													0.10	
Comments and notes begin in column S					Income tax rate =											0.35			
				RESULT															
																		Row	COMMENTS & NOTES
Year ending at time	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				Sum	Time -3 is default time of estimate, time -2 is the first inflation.
1. Land, $10^6$$ (see notes)		0.00	0.00	0.00													0.00	0.00	Land can be included, default is 0.
2. Fixed Capital Investment, $10^6$$		-0.37	-0.88	-1.26														-2.54	Time 0 is startup time.
3. Working Capital, $10^6$$ (see notes)				-0.44													0.44	0.00	Working capital (-) at time 0, (+) when recovered.
4. Salvage Value, $10^6$$																	0.00	0.00	Salvage value is (+) at time of recovery.
5. Total Capital Investment, $10^6$$		-0.37	-0.88	-1.73														-2.98	
6. Annual Investment, $10^6$$					0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				0.00	Planned investments (e.g. replacements) entered here at inflated value.
7. Start-up cost, $10^6$$					-0.25														Startup default is 10% of FCI.
8. Operating rate, fraction of capacity					0.50	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00					Two year ramp-up of production.
9. Annual sales, $10^6$$					1.41	2.53	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81				26.44	
10. Annual Total Product Cost, depreciation not included,$10^6$$					-0.90	-1.36	-1.50	-1.53	-1.56	-1.59	-1.62	-1.65	-1.68	-1.72				-15.10	Operating rate affects only variable part of TPC.
11. Annual depreciation factor, 1/y					0.20	0.320	0.192	0.115	0.115	0.058									Depreciation default is 5-year MACRS.
12. Annual depreciation, $10^6$$/y					0.51	0.81	0.49	0.29	0.29	0.15								2.54	
13. Annual Gross Profit, $10^6$$					-0.25	0.36	0.83	0.99	0.96	1.08	1.19	1.16	1.13	1.09				8.55	Start costs subtracted here.
14. Annual Net Profit, $10^6$$					-0.25	0.24	0.54	0.65	0.63	0.70	0.78	0.75	0.73	0.71				5.47	No income tax credit taken for losses.
15. Annual operating cash flow,$10^6$$					0.25	1.05	1.03	0.94	0.92	0.85	0.78	0.75	0.73	0.71				8.01	
16. Total annual cash flow, $10^6$$	0.00	-0.37	-0.88	-1.73	0.25	1.05	1.03	0.94	0.92	0.85	0.78	0.75	0.73	0.71				5.03	=Annual operating cash flow + Annual investment
17. Cumulative cash position, $10^6$$	0.00	-0.37	-1.25	-2.98	-2.73	-1.68	-0.65	0.29	1.20	2.05	2.83	3.58	4.32	5.03					
Profitability measures, time value of money NOT included:																			ROI, PBP and Net return do NOT include recovery amounts, by text definition.
18. Return on investment, ave. %/y	18.4																		Compare with ROI = 10.0 %/y
19. Payback period, y	3.2																		Compare with reference PBP = 4.6 y.

Figura AVII.1 Herramienta de cálculo Peters y Timmerhaus

Tabla AVII.12 Parámetros financieros del proyecto

Parámetro	Factor
VPN (Valor presente neto, USD)	**1 102 575**
TIR (%) (Tasa interna de retorno)	**15,7 %**
Año de recuperación de la inversión	**5**

VII.3 Anexos estimación de costos (cotizaciones y otros)

A continuación se presentan las figuras que contienen las cotizaciones base para realizar la estimación de costos.

江阴市淘普国际贸易有限公司
JIANGYIN TOP INTERNATIONAL TRADE CO.,LTD
NO.2 BINJIANG WEST ROAD,JIANGYIN CITY,JIANGSU PRO.,CHINA

PROFORMA INVOICE

DATE: JUL.30 2018
NO.: PATP/0730/2018

SELLER: JIANGYIN TOP INTERNATIONAL TRADE CO.,LTD
ADD：NO.2 BINJIANG WEST ROAD,JIANGYIN CITY,JIANGSU PRO.,CHINA
TEL: +86 510 86163344

NAME：PABLO HERNAN ROSERO BASTIDAS
NUMBER OF CEDULA: 1718004250
COMPANY NAME: ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
RUC:

TRANSPORT DETAILS: BY OCEAN
FROM:SHANGHAI,CHINA TO:GUAYAQUIL,ECUADOR
PRODUCT DESCRIPTION,QUANTITY,UNIT PRICE,TOTAL

PRODUCT DESCRIPTION		QTY		UNIT PRICE(USD)	TOTAL(USD)
				CIF GUAYAQUIL	CIF GUAYAQUIL
SPRAY DRYER	MODEL:LPG-200 VOLTAGE:380V/50HZ	1	SET	116,115.00	116,115.00
TOTAL		1	SET		116,115.00
	SAY TOTAL ONE HUNDRED SIXTEEN THOUSAND ONE HUNDRED AND FIFTEEN USD DOLLARS				

DELIVERY TIME:WITHIN 60 DAYS AFTER RECEIVE BALANCE PAYMENT
PAYMENT TERM:30% T/T IN ADVANCE,BALANCE BEFORE SHIPMENT
BANK INFORMATION:

Intermediary Bank(中间行)：Bank of China, New York Branch(ABA326)
Swift BIC: BKCHUS33
Account with Bank(账户行)：Bank of China, Jiangsu Branch
Swift BIC：BKCHCNBJ940
Beneficiary Bank(收款行)：Bank of China, Jiangyin Sub-branch
No.1 Middle Renmin Road,Jiangyin City,Jiangsu,P.R.China
Swift Code:BKCHCNBJ95C
Beneficiary(收款人)：Name（姓名）：Jiangyin Top International Trade Co.,Ltd
Address（地址）：Room 313,Building 2#,No.2 Binjiang West Road,Jiangyin City,Jiangsu,P.R.China
Tel（电话）：0086-510-86163344
Account No.(账号)：472864853524

江阴市淘普国际贸易有限公司
JIANGYIN TOP INTERNATIONAL TRADE CO., LTD.

Figura AVII.2 Cotización Secador por Aspersión

Impo Reprinox
Técnicamente confiable..!

INOXPA
SOURCE OF SOLUTIONS

PROFORMA No 7342 **FECHA 18-07-2018**

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
Atn. Pablo Rosero

SOLUCION

ITEM	CANT	DESCRIPCION	VALOR UNIDAD	VALOR
1	1	BOMBA INOX SANITARIA TIPO HELICOIDAL MODELO KSF 30 CON MOTOEDUCTOR SK 20 B5 D 200 DE 1.1 KW X 206 RPM	3512.00	3.512.00

Cuadro de Costo

Costo total	Descuento	Vr. Descuento	Vr. Neto
3.512.00	10%	351.20	3.160.80

Condiciones Comerciales

Forma de Pago	50% DE ANTICIPO, 50% CONTRA ENTREGA
Validez de la Oferta	15 DIAS
Tiempo de Entrega	8 SEMANAS
Lugar de Entrega	EN SUS INSTALACIONES
Impuestos	No están Incluidos en la Oferta – Adicionar 12 % IVA
Garantía	Un año por defectos de fabricación – Se excluyen partes eléctricas

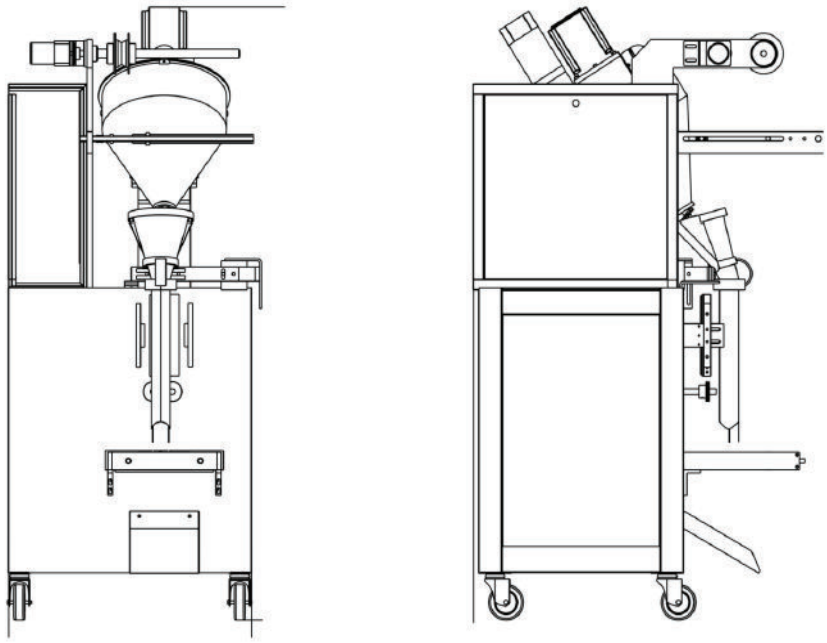
Av. Diego de Vásquez, Lote 14 /Pasaje Juan Correa / Quito / Ecuador
Teléfonos: 022-809060 – 022808309 / www.imporeprinox.com

Figura AVII.3 Cotización Bombas

ECUAPACK

ACTUALIZACION OCTUBRE-2017

DIAGRAMA DE LA MÁQUINA:



OBSERVACIONES:

La máquina cotizada es estándar para 1 tipo de presentación y forma de funda tipo Stand Bag (M-Fold), para presentaciones adicionales se debe agregar formadores de fundas extras con un costo de $1.000usd + IVA c/u. Cliente deberá entregar muestras del producto a envasar y las medidas exactas de las fundas.

PRECIO SIN IVA: $ 17.600 USD

COSTO PUESTA EN MARCHA: $ 550USD + IVA

VALIDEZ DE LA OFERTA: 8 días laborables
ENTREGA: 40 días laborables de producción + 45 días de tránsito marítimo
GARANTIA: 1 año contra defectos de fabricación, 2 visitas de mantenimiento técnico preventivo. No se considera garantía por daños por mala manipulación o uso incorrecto de personas no autorizadas por Ecuapack
FORMA DE PAGO:
70% Anticipo con la orden de compra
20% Previo Embarque
10% Contra entrega de la máquina

Figura AVI.4 Cotización empaquetadora de polvos

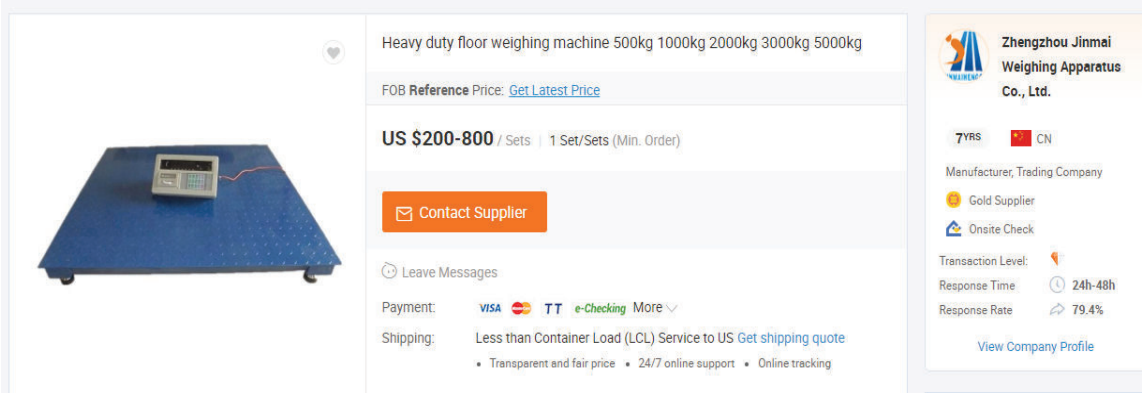


Figura AVII.5 Costo de referencia báscula

Figura AVII.6 Costo de referencia banda transportadora

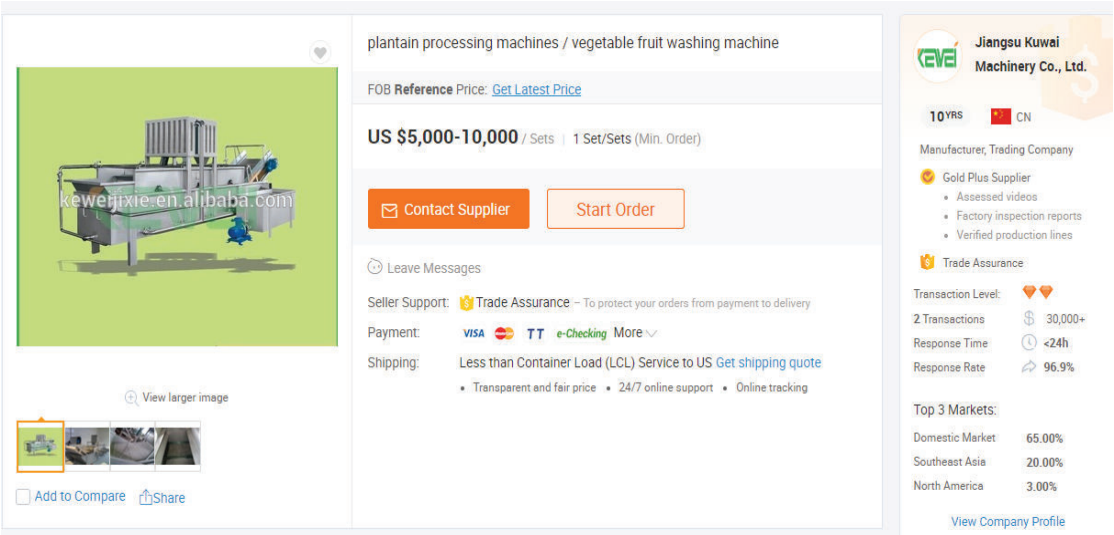


Figura AVII.7 Costo de referencia Drencher de Limpieza

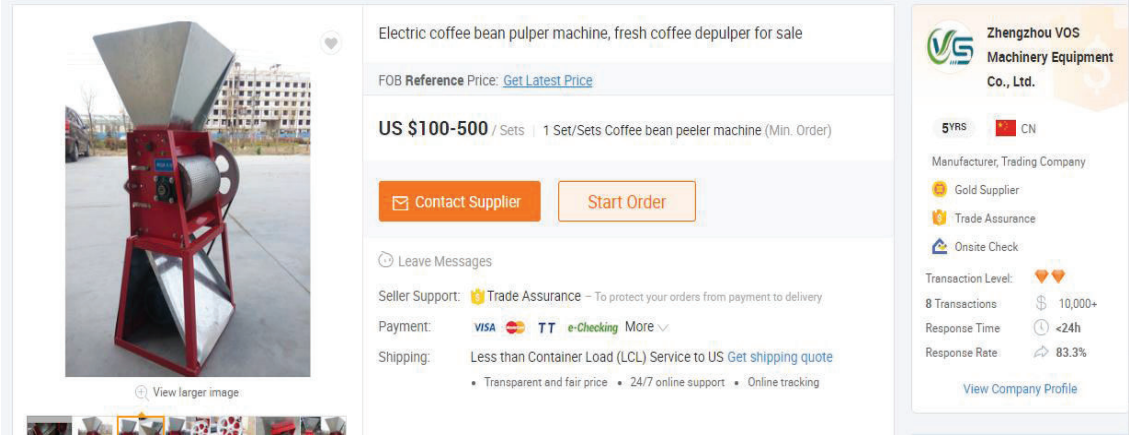


Figura AVII.8 Costo de referencia Despulpadora

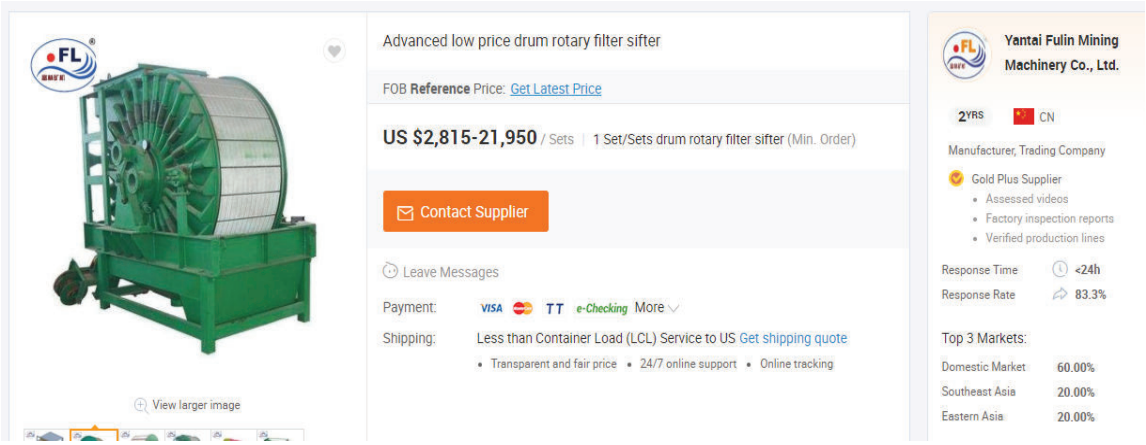


Figura AVII.9 Costo de referencia Filtro de Tambor Rotatorio

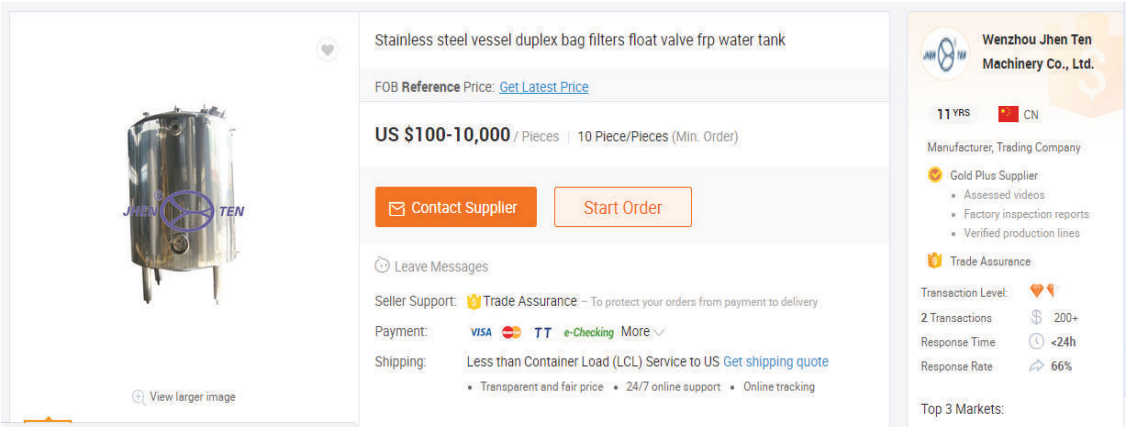


Figura AVII.10 Costo de referencia Tanque Vertical Almacenamiento Acero Inoxidable

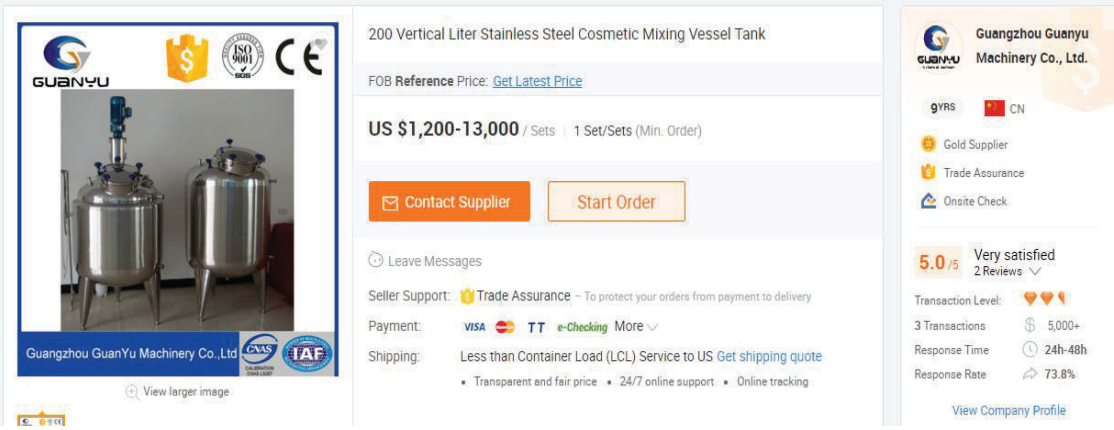


Figura AVII.11 Costo de referencia Tanque acero inoxidable con agitación

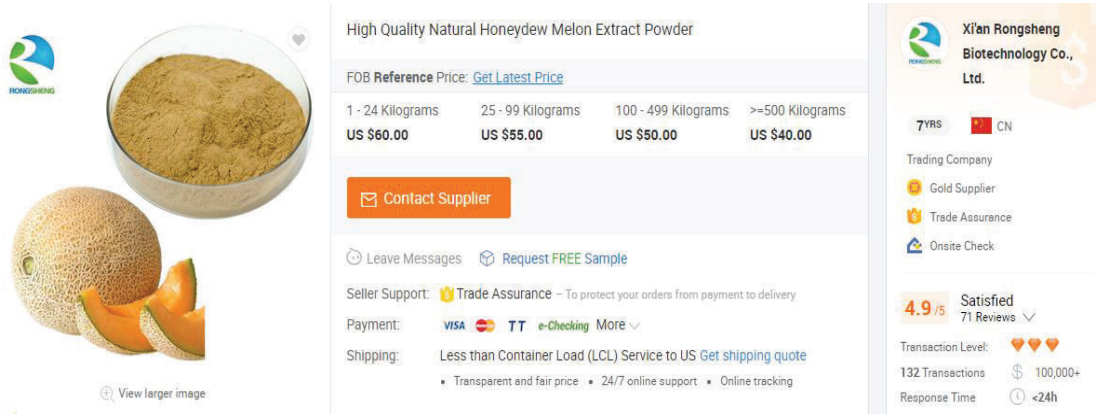


Figura AVII.12 Precio de referencia pulpa pulverizada de Melón

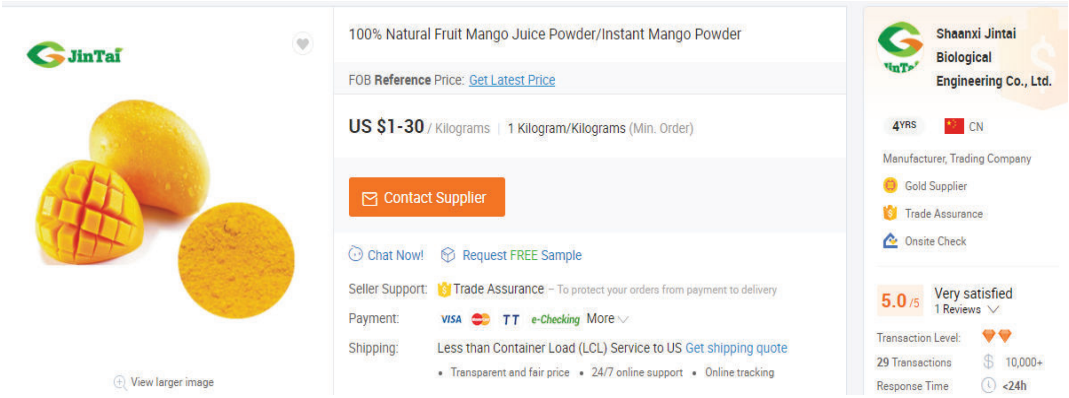


Figura AVII.13 Precio de referencia pulpa pulverizada de Mango

PROFORMA 02-07-18

- *Nombre de la empresa*
- *R.U.C*
- *Dirección*
- *Teléfono*
- *Representante legal*
- *Representante técnico*

Centro Operación:

Referencia: *CAMARA REFRIGERACIÓN*

9844347885 *Fecha:* *2 de julio de 2018*

GREGORIO CORDOVA *COSTO*

Item	Descripción del rubro	Cantidad	Unidad	C.Unitario [usd]	C.Total [usd]
1	**CAMARA DE REFRIGERACION 5*5*2**				
	Panel de pared poliuretano 50 mm de espesor 40Kg/m³ tecnología alemana onoxidable 304	41,76	m ²	55,00	$ 2.296,80
	Panel de techo poliuretano 50 mm de espesor 40Kg/m³ tecnología alemana inoxiable 304	29,00	m ²	55,00	$ 1.595,00
	Panel de piso poliuretano 50 mm de espesor 40Kg/m³ tecnología alemana	0,00	m ²	0,00	$ -
	Instalación de paneles, perfil "U" silicón y accesorios	1,00	m ²	1.061,40	$ 1.061,40
				SUBTOTAL PANELES	**$ 4.953,20**
2	**VARIOS CAMARA DE REFRIGERACIÓN**				
	Suministro de puerta abatible 1*2 poliuretano densidad 40 Kg/m³ tipo congelado	1,00	m²	1.200,00	$ 1.200,00
	Herraje importado, marco de puerta, parantes en inox 304, protección plástica 80cm				
	Instacion de puertas	1,00	m²	100,00	$ 100,00
	Iluminación	2,00	m²	80,00	$ 160,00
	Cortina plástica	1,00	c/u	100,00	$ 100,00
				SUBTOTAL VARIOS	**$ 1.560,00**
5	**EQUIPO REFRIGERACION 2°C**				
	Unidad condensadora 2 Hp	1,00	c/u	1.732,64	$ 1.732,64
	Evaporador	1,00	c/u	1.552,32	$ 1.552,32
	Instalación del equipo	1,00	c/u	2.300,00	$ 2.300,00
				SUBTOTAL EQUIPO	**$ 5.584,96**

TOTAL	$ 12.098,16
DESCUENTO	$ -
TOTAL	$ 12.098,16
IVA	$ 1.451,78
TOTAL	$ 13.549,94

Figura AVII.14 Costo de referencia cámara de refrigeración

AVII.4 Estimación de costos del cuarto frío, y cuarto de maduración

En base a los costos unitarios presentados en la Figura AVII.12, y tomando como referencia de igual modo el factor costo-capacidad empleado de 0,6 el costo de la unidad de refrigeración (evaporador, condensador, compresor) se realizó en base a la capacidad refrigerante del equipo de referencia, de la forma,

$$Costo_2 = Costo_1 \left(\frac{Cap_2}{Cap_1}\right)^n \qquad [AVII.1]$$

Para éste caso, las capacidades fueron referidas a cantidad de calor retirada por la unidad evaporadora según el caso. El detalle de la estimación para las unidades correspondientes se presenta a continuación en la Tabla AVII. 13.

Tabla AVII.13 Estimación de costos unidades refrigeradoras

	Cuarto frío	**Cuarto de maduración**	**Cuarto frío**	**Cuarto de maduración**
Ítem	**Valor**	**Valor**	**Costo**	**Costo**
Aislamiento poliuretano paredes	120 m^2	84 m^2	6 600	4 700
Aislamiento poliuretano techo	100 m^2	49 m^2	5 500	2 700
Costo instalación paredes y perfiles[2]	300 m^3	147 m^3	3 200	2 100
Aislamiento e instalación de puertas[2]	300 m^3	147 m^3	4 600	3 000
Equipo de refrigeración[2]	21.9 hp	9.1 hp	13 900	13 900
Subtotal costos cámara (USD)			43 400	26 400
VIA (12%)			5 208	3 168
Costo total estimado (USD)			48 608	29 568
Costo total (Incluyendo un factor de seguridad de 20%)			**60 000**	**30 000**

VII.5 Estimación del factor de importación directa

Para estimar el factor de importación directa, se parte en primer lugar de los criterios expuestos en la Tabla AVII.14, como sigue:

Tabla AVII.14 Tasas Arancelarias de importación Ecuador

Tasa arancelaria	Valor
Ad-valorem	40% Valor equipo
Seguro	5,29% Valor equipo
Fodinfa	0,5% Valor equipo
Salvaguarda	35% Valor equipo
IVA	12% (Costo equipo+ Ad-valorem+ Seguro+ Fodinfa+ Salvaguarda)

Totalizando se tiene entonces lo indicado en la Tabla AVII.15.

Tabla AVII.15 Totalización de factores

Tasa arancelaria	Factor
Ad-valorem + Seguro	0,4529
Fodinfa	0,005
Salvaguarda	0,35
Sumatorio de IVA	0,1845
Total	**1,9924**

VII.6 Financiamiento

Tabla AVII.16 Parámetros del financiamiento

Criterio	Valor
Tasa de interés	10% anual[1]
Periodo de pago	5 años
Monto máximo de letra	60% sobre utilidad después de impuesto
Pago	Anual

[1]Estimada según tabla de histórico de tasas del BCE, 2018

Tabla AVII.17 Amortización del financiamiento

Año	Capital	Abono a capital	Intereses	Total Pago
1	2 030 380	56 414	203 038	259 452
2	1 973 966	277 947	197 397	475 343
3	1 696 019	521 633	169 602	691 235
4	1 174 386	789 688	117 439	907 127
5	384 698	384 698	38 470	423 168
	TOTAL	2 030 380	725 945	2 756 325

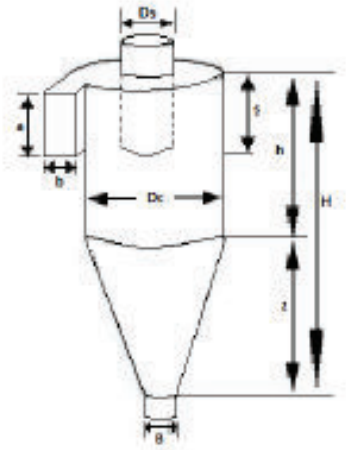
ANEXO VIII

FICHAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS PROPUESTOS

Tabla AVIII.1 Hoja de especificaciones Secador por Aspersión

HOJA DE ESPECIFICACIONES DE EQUIPOS SECADOR POR ASPERSION		
TAG	SP-101	
Descripción	Secador tipo spray (aspersión) para secado de pulpa de fruta	
PARÁMETROS DEL EQUIPO		
Capacidad requerida máxima	150 Kg/h evaporación	
Geometría	Cilíndrica-Cónica	
Volumen de la cámara de secado	20 m^3	
Diámetro sección cilíndrica	2,52 m	
Altura sección cilíndrica	4 m	
Diámetro inferior sección cónica	0,252 m	
Altura sección cónica	2,99 m	
Temperatura de secado	180 °C	
Material de construcción	Acero inoxidable AISI 304	

Tabla AVIII.2 Hoja de especificaciones filtro ciclón

HOJA DE ESPECIFICACIONES DE EQUIPOS FILTRO CICLÓN		
TAG	-	
Descripción	Filtro ciclón asociado al secador por aspersión SP-101	

DIMENSIONES DEL EQUIPO		
Dimensión	**Símbolo**	**Valor**
Diámetro del cuerpo del ciclón	Dc	0,62 m
Ancho de conducto de entrada	b	0,12 m
Altura del conducto de entrada	a	0,31 m
Diámetro de salida del gas	Ds	0,31 m
Altura del ciclón	H	2,48 m
Longitud del cuerpo	h	0,93 m
Longitud del cono	z	1,55 m
Diámetro del segmento de salida del polvo	B	0,233 m
Material de construcción	Acero inoxidable AISI 304	

Tabla AVIII.3 Hoja de especificaciones banda transportadora

HOJA DE ESPECIFICACIONES DE EQUIPOS BANDAS TRANSPORTADORAS		
TAG	BT-101 A/B	
Descripción	Banda transportadora para recepción y transporte de frutas	
PARÁMETROS DEL EQUIPO		
Capacidad requerida	1 Ton/h	
Capacidad especificada	1 Ton/h	
Dimensiones	0,60 x 1,80 m	
Número de equipos	2	

Tabla AVIII.4 Hoja de especificaciones Drencher de Limpieza

HOJA DE ESPECIFICACIONES DE EQUIPOS DRENCHER DE LIMPIEZA		
TAG	DR-101	
Descripción	Drencher de limpieza	
PARÁMETROS DEL EQUIPO		
Capacidad requerida	1 Ton/h	
Dimensiones	1,63 x 2,30 x 0,50 m	
Altura total	1,63 m	
Altura de la banda de cadenas	1,10 m	
Altura de la cabina	0,53 m	
Largo de la cabina	1,00 m	
Largo total	2,30 m	
Ancho total	0,50 m	
Potencia	1,491 kW	
Material de construcción	Acero inoxidable 316	

Tabla AVIII.5 Hoja de especificaciones Drencher de Limpieza

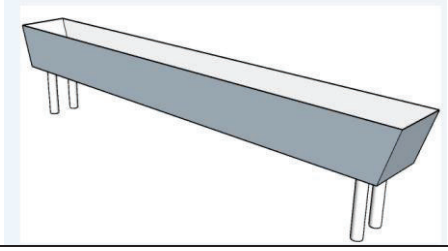
HOJA DE ESPECIFICACIONES DE EQUIPOS POZO DE DESINFECCIÓN		
TAG	PZ-101	
Descripción	Pozo de desinfección	
PARÁMETROS DEL EQUIPO		
Capacidad requerida	757 Kg/h	
Capacidad especificada	126 Kg/lote	
Tiempo de residencia	10 min	
Lotes procesados diarios	20	
País de procedencia	Ecuador	
Altura total	1,10 m	
Altura del agua	0,30 m	
Largo total (base mayor)	5,05 m	
Largo total (base menor)	4,75 m	
Ancho total	0,60 m	
Espacio entre piso y base	0,60 m	
Material de construcción	Acero inoxidable 316	

Tabla AVIII.6 Hoja de especificaciones Despulpadora

HOJA DE ESPECIFICACIONES DE EQUIPOS DESPULPADORA		
TAG	DP-101	
Descripción	Despulpadora de fruta	
PARÁMETROS DEL EQUIPO		
Capacidad requerida		757 Kg/h
Capacidad especificada		126 Kg/lote
Dimensiones		1,10 x 2,30 x 0,50 m
Fabricante recomendado		Jiangsu Kuwai Machinery Co., Ltd.
País de procedencia		China
Altura total		1,45 m
Largo total		1,00 m
Ancho total		0,40 m
Diámetro del tambor		0,40 m
Potencia		1,82 kW
Material de construcción		Acero inoxidable 316

Tabla AVIII.7 Hoja de especificaciones Filtro Tambor Rotatorio F-101

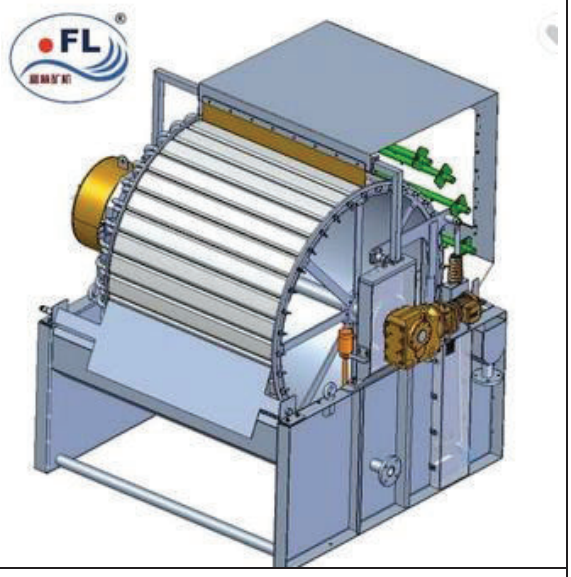
HOJA DE ESPECIFICACIONES DE EQUIPOS FILTRO DE TAMBOR ROTATORIO		
TAG	F-101	
Descripción	Filtro de tambor rotatorio	
PARÁMETROS DEL EQUIPO		
Capacidad requerida	118 Kg/h	
Capacidad especificada	250 Kg/h	
Dimensiones	1,45 x 1,00 x 0,40 m	
Fabricante recomendado	Yantai Fulin Mining Machinery Co., Ltd.	
País de procedencia	China	
Largo total	0,54	
Ancho total	0,25	
Diámetro del tambor	0,20	
Material de construcción	Acero inoxidable 316	

Tabla AVIII.8 Hoja de especificaciones Tanque de Almacenamiento de Pulpa

HOJA DE ESPECIFICACIONES DE EQUIPOS TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE PULPA		
TAG	TK-101	
Descripción	Tanque de almacenamiento de pulpa	
PARÁMETROS DEL EQUIPO		
Capacidad requerida		1,24 m^3
Capacidad especificada		1,24 m^3
Dimensiones		2,32 x 0,73 m
Fabricante recomendado		Wenzhou Jhen Ten Machinery Co., Ltd.
País de procedencia		China
Alto total		2,32 m
Espesor		4,8 mm
Diámetro		0,73 m
Refrigeración requerida		2,78 kW
Material de construcción		Acero inoxidable AISI 304

Tabla AVIII.9 Hoja de especificaciones reactores móviles

HOJA DE ESPECIFICACIONES DE REACTORES MÓVILES		
TAG	RP-101	
Descripción	Reactores móviles para tratamiento enzimático de la pulpa	
PARÁMETROS DEL EQUIPO		
Capacidad requerida		0,52 m^3
Capacidad especificada		0,52 m^3
Dimensiones		2,32 x 0,73 m
Alto total		1,67 m
Espesor		4,8 mm
Diámetro		0,80 m
Número de equipos		2
Potencia de motor		0,75 kW (1 hp)
Tipo de agitador		Helicoidal
Diámetro de aspas		0,27 m
Material de construcción		Acero inoxidable 316

Tabla AVIII.10 Hoja de especificaciones tanque agitado

HOJA DE ESPECIFICACIONES DE EQUIPOS TANQUE AGITADO		
TAG	R-101	
Descripción	Tanques agitados para encapsulado de pulpa con Maltodextrina	
PARÁMETROS DEL EQUIPO		
Capacidad requerida		2,30 m^3
Capacidad especificada		2,30 m^3
Dimensiones		2,32 x 0,73 m
Fabricante recomendado		Guangzhou Guanyu Machinery Co., Ltd.
País de procedencia		China
Alto total		1,80
Diámetro del tanque		1,06
Potencia de motor		2,4 kW (3,2 hp)
Tipo de agitador		Hélices (3)
Diámetro de aspas		0,265
Material de construcción		Acero inoxidable AISI 304

Tabla AVIII.11 Hoja de especificaciones bombas peristálticas

HOJA DE ESPECIFICACIONES DE EQUIPOS BOMBAS PERISTALTICAS		
TAG	P-101	
Descripción	Bombas peristálticas para transporte de la pulpa	
PARÁMETROS DEL EQUIPO		
Capacidad requerida máxima	0,03 kW (0,06 hp)	
Capacidad especificada	0,37 kW (0,50 hp)	
Fabricante recomendado	Inoxpa	
País de procedencia	España	
Tipo	Helicoidal	
Altura de impulsión	7 m	
Caudal de diseño	20 L/min	
Viscosidad máxima	4 Pa·s (4000 cP)	
RPM	206	
Número de equipos	3	
Material de construcción	Acero inoxidable AISI 304	

Tabla AVIII.12 Hoja de especificaciones cuarto de Refrigeración

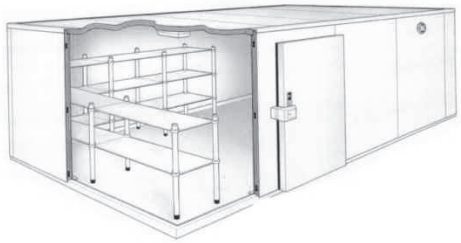
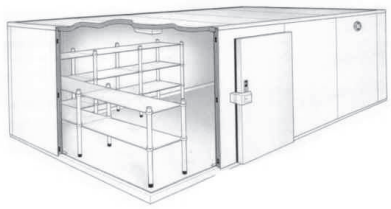
HOJA DE ESPECIFICACIONES DE EQUIPOS CUARTO FRIO		
TAG	-	
Descripción	Cuarto de refrigeración de fruta	
PARÁMETROS DEL EQUIPO		
Dimensiones de las paredes (largo x altura)	10 x 3 m	
Dimensiones del techo y piso (largo x ancho)	10 x 10 m	
Capacidad	302,8 m^3 (10700 ft^3)	
Ancho de las paredes y techo	0,2 m	
Material del piso	Concreto	
Espesor del piso	0,30 m	
Material de construcción	Lana de vidrio + lámina de acero	
Energía requerida	16,3 kW (55617 Btu/h)	

Tabla AVIII.13 Hoja de especificaciones cuarto de Maduración

HOJA DE ESPECIFICACIONES DE EQUIPOS CUARTODE MADURACIÓN		
TAG	-	
Descripción	Cuarto de maduración de fruta	
PARÁMETROS DEL EQUIPO		
Dimensiones de las paredes (largo x altura)	7 x 3 m	
Dimensiones del techo y piso (largo x ancho)	7 x 7 m	
Capacidad	152,8 m^3 (5400 ft^3)	
Ancho de las paredes y techo	0,2 m	
Material del piso	Concreto	
Espesor del piso	0,30 m	
Material de construcción	Lana de vidrio + lámina de acero	
Energía requerida	6,8 kW (23122 Btu/h)	

ANEXO IX

PLANOS DE EQUIPOS PRINCIPALES

En el presente Anexo se encuentran los planos diseñados para algunos equipos de la planta, en la Figura AIX.1 se observa el plano para el Secador por aspersión SP-101, en la Figura AIX.2 se observa el plano para el Drencher de limpieza DR-101, y la Despulpadora DP-101, finalmente en la Figura AIX.3 se observa el plano que se diseñó para el Pozo de inmersión PZ-101 y el Filtro de tambor rotatorio FIL-101.

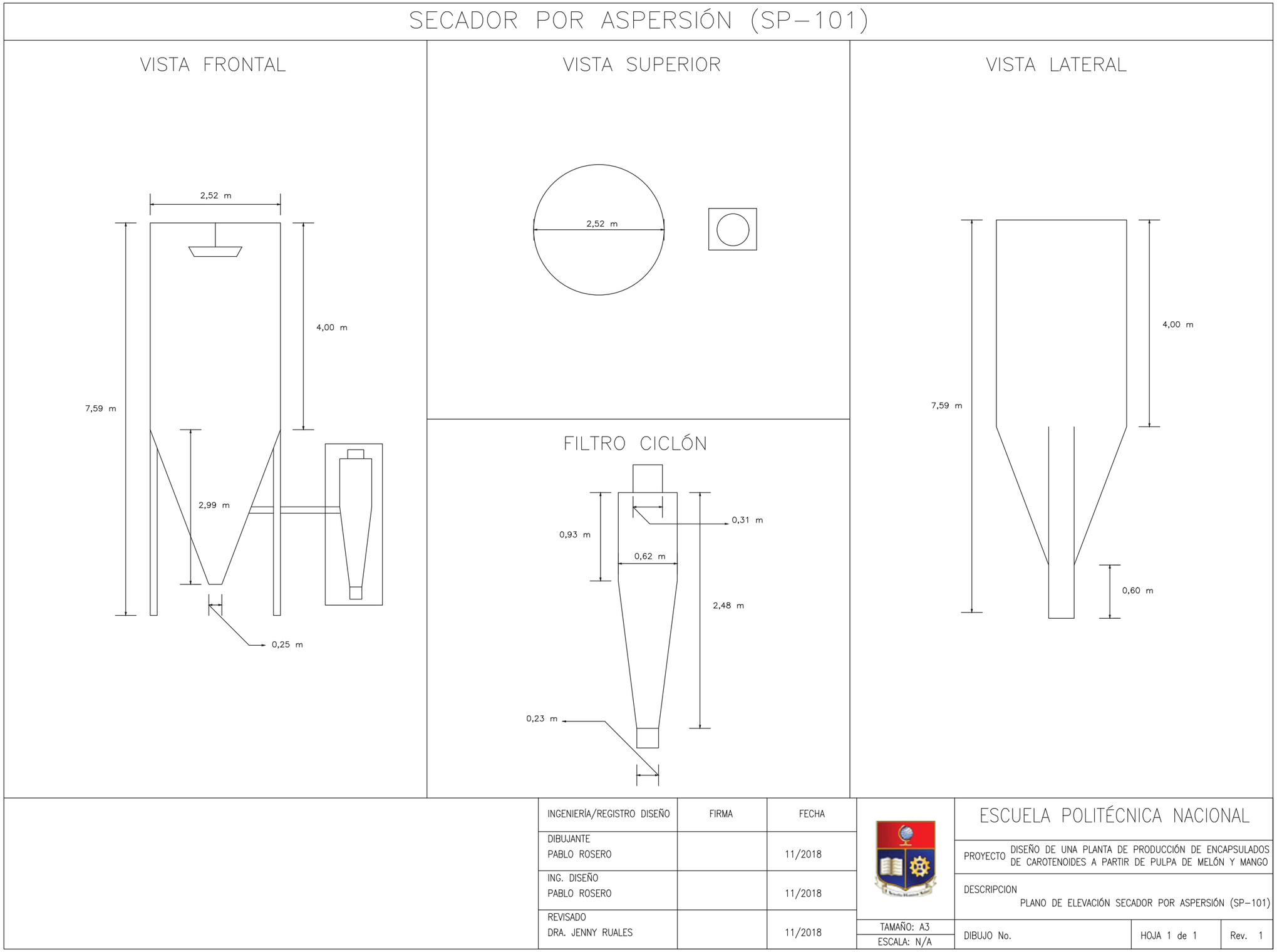
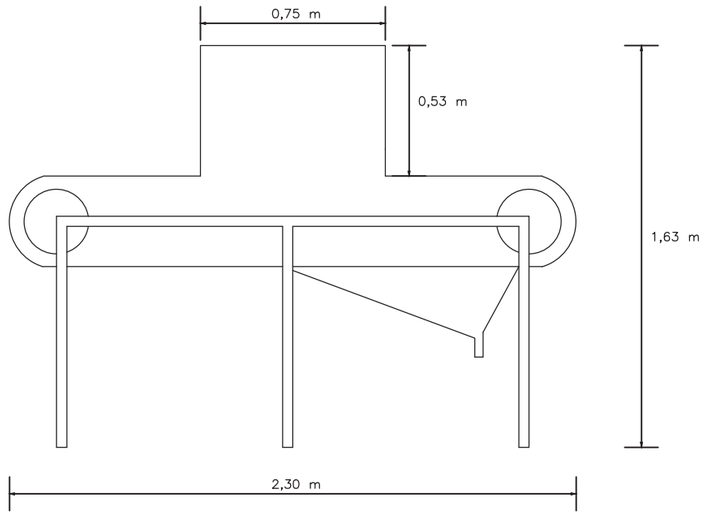


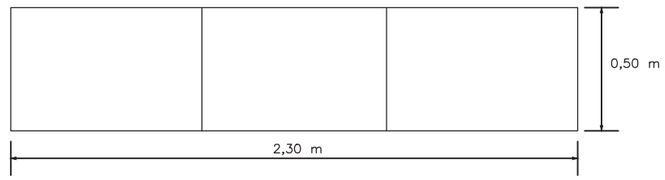
Figura AIX.1. Plano de diseño del Secador por aspersión.

DRENCHER DE LIMPIEZA (DR–101)

VISTA LATERAL

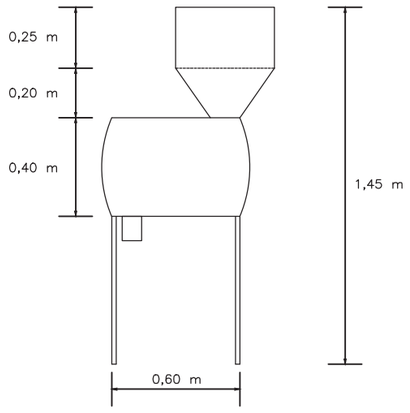


VISTA SUPERIOR

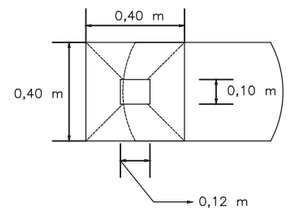


DESPULPADORA (DP–101)

VISTA LATERAL



VISTA SUPERIOR



INGENIERÍA/REGISTRO DISEÑO	FIRMA	FECHA
DIBUJANTE PABLO ROSERO		04/2019
ING. DISEÑO PABLO ROSERO		04/2019
REVISADO DRA. JENNY RUALES		04/2019

TAMAÑO: A3

ESCALA: N/A

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

PROYECTO: DISEÑO DE UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ENCAPSULADOS DE CAROTENOIDES A PARTIR DE PULPA DE MELÓN Y MANGO

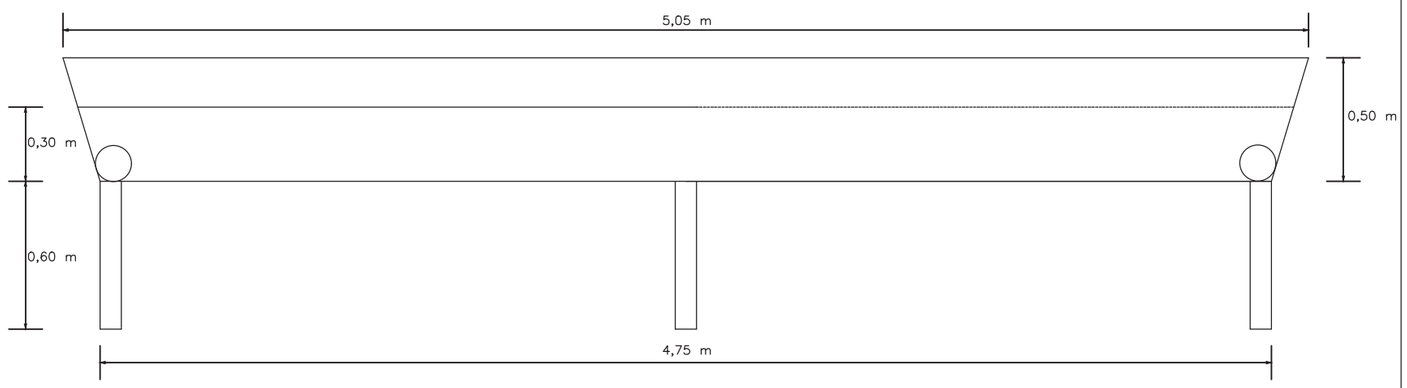
DESCRIPCION: PLANO DE ELEVACIÓN DRENCHER DE LIMPIEZA (DR–101) Y DESPULPADORA (DP–101)

DIBUJO No. | HOJA 1 de 1 | Rev. 1

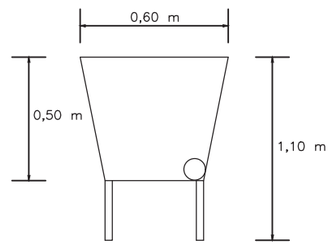
Figura AIX.2. Plano de diseño del drencher de limpieza y la despulpadora.

POZO DE INMERSIÓN (PZ–101)

VISTA LATERAL

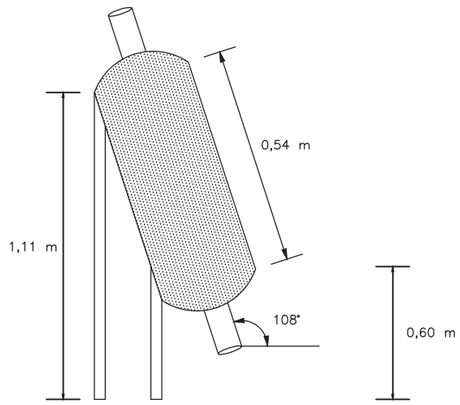


VISTA FRONTAL

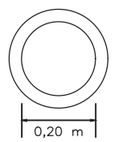


FILTRO TAMBOR ROTATORIO (FIL–101)

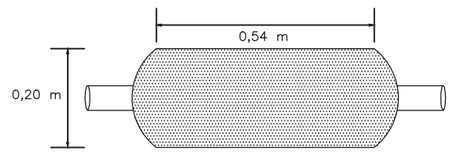
VISTA LATERAL



SECCIÓN TRANSVERSAL



VISTA SUPERIOR



INGENIERÍA/REGISTRO DISEÑO	FIRMA	FECHA
DIBUJANTE PABLO ROSERO		02/2019
ING. DISEÑO PABLO ROSERO		02/2019
REVISADO DRA. JENNY RUALES		02/2019

TAMAÑO: A3

ESCALA: N/A

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

PROYECTO: DISEÑO DE UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ENCAPSULADOS DE CAROTENOIDES A PARTIR DE PULPA DE MELÓN Y MANGO

DESCRIPCION: PLANO DE ELEVACIÓN POZO DE INMERSIÓN (PZ–101) Y FILTRO ROTATORIO (FIL–101)

DIBUJO No. | HOJA 1 de 1 | Rev. 1

Figura AIX.3. Plano de diseño del pozo de inmersión y filtro de tambor rotatorio.