

UNIVERSIDAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA



DISEÑO DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE
TINTES PERMANENTES DE CABELLO DE ORIGEN
VEGETAL

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Químico

AUTOR

Sebastián Guillermo Vásquez Lecaros (ORCID: 0000-0003-2940-4378)

ASESORA

Patricia Araujo Pantoja (ORCID: 0000-0002-6653-5900)

Lima – Perú

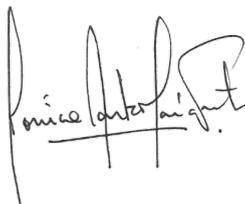
2023

DECLARACIÓN JURADA

Yo, Mónica Cecilia Santa María Fuster identificada con DNI No 18226712 en mi condición de autoridad responsable de validar la autenticidad de los trabajos de investigación y tesis de la UNIVERSIDAD DE INGENIERIA Y TECNOLOGIA, DECLARO BAJO JURAMENTO:

Que la tesis denominada “DISEÑO DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE TINTES PERMANENTES DE CABELLO DE ORIGEN VEGETAL” ha sido elaborada por el señor Sebastián Guillermo Vásquez Lecaros, con la asesoría de Patricia Araujo Pantoja, identificada con el DNI N°408166007 , y que se presenta para obtener el grado de Ingeniero Químico, ha sido sometida a los mecanismos de control y sanciones anti plagio previstos en la normativa interna de la universidad, encontrándose un porcentaje de similitud de 0%.

En fe de lo cual firmo la presente.



Dra. Mónica Santa María Fuster
Directora de Investigación

En Barranco, el 31 de octubre de 2023

Dedicatoria:

A mi papá por haber encontrado UTEC y mostrarme la hermosa carrera de Ingeniería Química. Gracias a él, elegí la carrera indicada para mí. A mi mamá, mi ángel que siempre vela por mí y cree en mí incondicionalmente. A mi abuela Laura por introducirme al mundo de los tintes y por darme el sustento económico para seguir luchando por mis sueños y también enseñarme de la vida. A mi abuelo Alberto por acompañarme en todo momento y a mi hermana por darme aliento y alegría en los momentos más complicados.

Agradecimientos:

Agradezco a UTEC por haberme formado en esta maravillosa carrera como también contribuir a mi crecimiento personal.

Doy las gracias a mi asesora Patricia Araujo por guiarme en este trabajo, el cual es el más importante en toda mi trayectoria académica. Sin ella, este maravilloso trabajo no sería realidad.

Agradezco al profesor y director Francisco Tarazona por su constante apoyo a lo largo de la carrera y creer en mí desde el primer momento. Quiero agradecer también a Tatiana Obregón, quién me ha enseñado a seguir puliendo y perfeccionando este documento en todo este tiempo.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	19
INTRODUCCIÓN	20
Presentación del tema de investigación	20
Descripción de la situación problemática	20
Formulación del problema	21
Justificación y Motivación	23
Alcance, limitaciones y restricciones	23
CAPÍTULO I	25
REVISIÓN CRÍTICA DE LA LITERATURA	25
1.1. Descripción de la producción industrial de los tintes de cabello	25
1.2. Situación del mercado global de productos de coloración de cabello	27
1.2.1. Análisis de ventas de las principales empresas de tintes de cabello	28
1.3. Evolución de los decolorantes y tintes de cabello en el tiempo	35
1.3.1. Efectos adversos de los decolorantes y tintes tradicionales y soluciones alternas	35
1.3.1.1. Tintes vegetales	35
CAPÍTULO II	37
MARCO TEÓRICO	37
2.1. Mercado de Tintes	37
2.2. Objetivos de Desarrollo Sostenible	38
2.3. Tinte	38
2.3.1. Clasificación de tintes de cabello por su tiempo de vida	39
2.3.1.1. Tintes Temporales	40
2.3.1.2. Tintes Semi Permanentes	40
2.3.1.3. Tintes Permanentes	40
2.3.2. Mecanismo de Reacción de los Tintes Oxidantes	41
2.3.3. Posibles Sustitutos para el PPD	43
2.3.3.1. Uso de oligómeros derivados del PPD	44
2.3.3.2. Sulfato de para-toluenodiamina (PTDS)	44

2.3.3.3.	Para-Aminofenol (PAP)	45
2.3.4.	Sistema Internacional de Numeración de Colores	46
2.4.	Efecto Perjudicial del Amoniaco y Posibles Sustitutos	48
2.4.2.	Efectos negativos del amoniaco en la piel y el cabello	48
2.4.3.	Sustitutos del Amoniaco	48
2.4.3.1.	Monoetanolamina	49
2.4.3.2.	Aminometil Propanol	49
2.4.3.3.	Aminometil Propanediol	49
2.5.	Función del Peróxido de Hidrógeno y Posibles Sustitutos	50
2.5.1.	Efectos perjudiciales del peróxido de hidrógeno	51
2.5.2.	Compuestos que puedan reemplazar al peróxido de hidrógeno	51
2.5.2.1.	Peróxidos Orgánicos (Ácidos Peroxicarboxílicos)	51
2.5.2.2.	Zumo de limón	52
2.5.2.3.	Zumo de Camu Camu	54
2.6.	Aditivos	55
2.7.	Variables que generan resequedad en el cabello	56
2.8.	Análisis económico del diseño de proceso	57
CAPÍTULO III		59
MARCO METODOLÓGICO		59
3.1.	Análisis Referencial de Mercado	59
3.2.	Selección de Materia Prima	60
3.3.	Variables de Operación y Control	61
3.4.	Balances de Materia y Energía	62
3.5.	Dimensionamiento de equipos y planteo de sistemas complementarios	63
3.6.	Planificación de Manufactura	64
3.7.	Análisis Económico	65
3.7.1.	CAPEX y OPEX	65
3.7.2.	Flujo de Caja	66
3.8.	Almacenaje y seguridad	66
3.9.	Sostenibilidad	67
CAPÍTULO IV		68
RESULTADOS		68

4.1.	Análisis Referencial de Mercado	68
4.2.	Selección de Materia Prima	71
4.3.	Operaciones y Procesos Unitarios	74
4.3.1.	Decolorante	74
4.3.2.	Tinte	77
4.4.	Balances de Materia y Energía	79
4.5.	Dimensionamiento de equipos	117
4.5.1.	Tanques para producir decolorante	117
4.5.1.1.	Mezclador 1	118
4.5.1.2.	Mezclador 2	123
4.5.1.3.	Mezclador 3	128
4.5.2.	Tanques para producir tinte	130
4.5.2.1.	Mezclador 1	130
4.5.2.2.	Mezclador 2	135
4.5.2.3.	Mezclador 3	140
4.6.	Agua para el calentamiento de los mezcladores	143
4.7.	Ciclo de Refrigeración	145
4.8.	Planificación	148
4.8.1.	Llenado de cada mezclador (tinte y decolorante)	148
4.8.2.	Calentamiento y mezclado	150
4.8.3.	Vaciado de tanque	150
4.8.4.	Limpieza de mezclador	151
4.8.5.	Llenado de botellas (tinte y decolorante)	151
4.8.6.	Empaquetado	151
4.8.7.	Tiempo total de manufactura	152
4.9.	Análisis Económico	158
4.9.1.	CAPEX	158
4.9.1.1.	Compra de Equipos	158
4.9.1.2.	Costos Directos	160
4.9.1.3.	Costos Indirectos	161
4.9.2.	OPEX	163
4.9.2.1.	Materia Prima para 1 Año	163

4.9.2.2.	Anticongelante	168
4.9.2.3.	EPP y Productos de Limpieza	170
4.9.2.4.	Utilidades	170
4.9.2.5.	Sueldo de Trabajadores	173
4.9.2.6.	Impuestos y Seguros	174
4.9.2.7.	Mantenimiento de Equipos	174
4.9.3.	Flujo de Caja	175
4.9.4.	Análisis de Sensibilidad	181
4.10.	Variación de la composición del tinte y su impacto en costos	192
4.11.	Optimización de Costos de Materia Prima	199
4.12.	Almacenamiento y frecuencia de compra de insumos de alto costo y perecibles	211
4.13.	Matriz de Riesgos	214
4.14.	Sostenibilidad	215
4.14.1.	Consumo de Agua	216
4.14.2.	Consumo de Energía Eléctrica	218
4.14.3.	Huella de Carbono	219
4.14.4.	Precio Sostenible	219
4.14.5.	Ciclo de Vida del Producto	220
4.14.6.	Aceptación del Público	220
	DISCUSIÓN / CONCLUSIONES / RECOMENDACIONES	221
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	226
	ANEXOS	245
	APÉNDICES	269

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

<i>Tabla 1: Combinaciones de intermediarios primarios, compuestos acopladores y colores resultantes de la reacción (Adaptado de [38])</i>	42
<i>Tabla 2: Concentración del peróxido de hidrógeno en el decolorante y su respectivo uso [7]</i>	51
<i>Tabla 3: Valores de pKa y reacciones ácido-base del ácido ascórbico y del ácido cítrico (Adaptado de [58])</i>	53
<i>Tabla 4: Contenido de ácido ascórbico y de ácido cítrico en el limón y el camu camu [61] [62] [63] [64] [65]</i>	55
<i>Tabla 5: Porcentajes máxicos de ácidos grasos presentes en el aceite de coco [68]</i>	56
<i>Tabla 6: Efectos adversos de los insumos que componen a los tintes de cabello [25] [26] [32] [47] [52] [72]</i>	57
<i>Tabla 7: Precios del tinte más caro en diferentes establecimientos</i>	71
<i>Tabla 8: Contenido de Vitamina E en aceites vegetales (Adaptado de [105])</i>	72
<i>Tabla 9: Composición estimada para el paquete orgánico de origen vegetal para el cambio de coloración de cabello</i>	73
<i>Tabla 10: Restricciones del modelo matemático</i>	81
<i>Tabla 11: Tabla del modelo matemático de componentes en las corrientes de proceso del decolorante</i>	82
<i>Tabla 12: Tabla del modelo matemático de componentes en las corrientes de proceso del tinte</i>	83
<i>Tabla 13: Tabla lógica de presencia de componentes en las corrientes de proceso del decolorante</i>	84
<i>Tabla 14: Tabla lógica de presencia de componentes en las corrientes de proceso del tinte</i>	85
<i>Tabla 15: Relaciones entre las variables de proceso del decolorante y tinte</i>	85
<i>Tabla 16: Rango de porcentajes máxicos de los componentes del decolorante y tinte (Adaptado de [32] [54] [67] [82] [97] [98] [99] [114] [115] [116] [117] [118] [119] [120])</i>	86
<i>Tabla 17: Entradas y salidas del mezclador 3 del decolorante</i>	88
<i>Tabla 18: Balances de materia del mezclador 3 del decolorante por componente</i>	89
<i>Tabla 19: Entradas y salidas del mezclador 3 del tinte</i>	90
<i>Tabla 20: Balances de materia del mezclador 3 del tinte por componente</i>	91
<i>Tabla 21: Entradas y salidas del proceso global del decolorante</i>	93
<i>Tabla 22: Balances de materia del global del decolorante por componente</i>	94
<i>Tabla 23: Entradas y salidas del proceso global del tinte</i>	95
<i>Tabla 24: Balances de materia del proceso global del tinte</i>	96
<i>Tabla 25: Codificación de los equipos del proceso de manufactura del tinte de cabello</i>	101
<i>Tabla 26: Porcentajes máxicos de los componentes en cada corriente de proceso</i>	102
<i>Tabla 27: Masa de los componentes en cada corriente de proceso</i>	103
<i>Tabla 28: Cantidades de insumos estimados para un paquete orgánico de cambio de coloración de cabello</i>	109
<i>Tabla 29: Masa de agua en los mezcladores del proceso con sus respectivos flujos máxicos</i>	144

<i>Tabla 30: Optimización de trabajadores en las áreas de llenado y empaquetado</i>	153
<i>Tabla 31: Optimización del número de trabajadores</i>	157
<i>Tabla 32: Costo de equipos de los procesos principales</i>	159
<i>Tabla 33: Costo de equipos para el ciclo de refrigeración y el calentamiento de agua</i>	159
<i>Tabla 34: Costos directos en la construcción del área de trabajo</i>	160
<i>Tabla 35: Costos variables y fijos del proceso</i>	163
<i>Tabla 36: Precios por kg de los insumos del tinte y decolorante en soles peruanos</i>	164
<i>Tabla 37: Precios por litro de los insumos del tinte y decolorante en soles peruanos</i>	165
<i>Tabla 38: Costo para producir 1 paquete de cambio de coloración de cabello</i>	166
<i>Tabla 39: Precios de las botellas LDPE [160]</i>	167
<i>Tabla 40: Costo Unitario</i>	168
<i>Tabla 41: Precios de EPP y productos de limpieza</i>	170
<i>Tabla 42: Depreciación anual de todos los equipos</i>	176
<i>Tabla 43: Cantidad de cajas de tinte de cabello producidas en diferentes jornadas</i>	179
<i>Tabla 44: Flujo de Caja</i>	180
<i>Tabla 45: Leyenda del eje X de la gráfica del flujo de caja y dinero acumulado</i>	181
<i>Tabla 46: VAN y TIR del proyecto</i>	182
<i>Tabla 47: VAN y TIR de los precios cambiados</i>	183
<i>Tabla 48: Flujo de caja con inflación</i>	184
<i>Tabla 49: Leyenda del eje X de la gráfica del flujo de caja con inflación</i>	185
<i>Tabla 50: VAN y TIR del proyecto si hay inflación</i>	186
<i>Tabla 51: Flujo de caja con porcentaje inflación en el precio de venta</i>	186
<i>Tabla 52: Leyenda del eje X de la gráfica del flujo de caja con porcentaje de inflación</i>	187
<i>Tabla 53: VAN y TIR del proyecto con porcentaje de inflación</i>	187
<i>Tabla 54: VAN y TIR del proyecto evaluado en la mínima ganancia posible al mayor tipo de cambio</i>	188
<i>Tabla 55: Leyenda del eje X de la gráfica del flujo de caja de decrecimiento continuo de ventas</i>	189
<i>Tabla 56: VAN y TIR con decrecimiento de ventas continuo</i>	190
<i>Tabla 57: Leyenda del eje X de la gráfica del flujo de caja de decrecimiento estático de ventas</i>	191
<i>Tabla 58: VAN y TIR con decrecimiento de ventas estático</i>	191
<i>Tabla 59: Nuevos porcentajes máxicos de los componentes sólidos del decolorante</i>	193
<i>Tabla 60: Nuevos porcentajes máxicos de los componentes sólidos del tinte</i>	193
<i>Tabla 61: Nuevos porcentajes máxicos de los componentes líquidos del decolorante</i>	194
<i>Tabla 62: Nuevos porcentajes máxicos de los componentes líquidos del tinte</i>	194
<i>Tabla 63: Costo para producir 1 paquete de cambio de coloración de cabello con la reducción de costos</i>	195
<i>Tabla 64: Costos de materia prima para la producción de decolorante</i>	196
<i>Tabla 65: Costos de materia prima para la producción de tinte</i>	196
<i>Tabla 66: Flujo de caja con modificación de costos de materia prima</i>	197
<i>Tabla 67: Leyenda del eje X de la gráfica del flujo de caja con reducción de costos de materia prima</i>	198
<i>Tabla 68: VAN y TIR con reducción de costos de materia prima</i>	198

<i>Tabla 69: Comparación de utilidades entre el modelo inicial vs el modelo de variación de costos de materia prima.....</i>	<i>199</i>
<i>Tabla 70: Composición óptima del decolorante para reducir el costo de manufactura</i>	<i>200</i>
<i>Tabla 71: Composición óptima del tinte para reducir el costo de manufactura</i>	<i>200</i>
<i>Tabla 72: Comparación entre las diferentes versiones de costo de materia prima.....</i>	<i>200</i>
<i>Tabla 73: Flujo de caja con el costo óptimo de materia prima</i>	<i>201</i>
<i>Tabla 74: Gráfica de flujo de caja</i>	<i>202</i>
<i>Tabla 75: VAN y TIR del proyecto con el costo óptimo de materia prima</i>	<i>202</i>
<i>Tabla 76: Comparación entre diferentes versiones de los costos de materia prima</i>	<i>203</i>
<i>Tabla 77: Leyenda y cifras del flujo de caja con costos de materia prima optimizados, inflación y con el precio de venta a 39,99 soles.....</i>	<i>204</i>
<i>Tabla 78: VAN y TIR con reducción de costos de materia prima, con inflación y con el precio de venta a 39,99 soles</i>	<i>205</i>
<i>Tabla 79: VAN y TIR con reducción de costos de materia prima, con inflación y con el precio de venta a 39,99 + 20% soles</i>	<i>205</i>
<i>Tabla 80: Leyenda y cifras del flujo de caja con reducción de costos de materia prima, inflación y con el precio de venta a 39,99 + 20% soles.....</i>	<i>206</i>
<i>Tabla 81: Leyenda y cifras del flujo de caja con reducción de costos de materia prima, inflación y con el precio de venta máximo.....</i>	<i>207</i>
<i>Tabla 82: VAN y TIR con reducción de costos de materia prima, con inflación y con el precio de venta máximo</i>	<i>208</i>
<i>Tabla 83: Leyenda y cifras del flujo de caja con reducción de costos de materia prima, inflación y con el precio de venta máximo + 20%.....</i>	<i>209</i>
<i>Tabla 84: VAN y TIR con reducción de costos de materia prima, con inflación y con el precio de venta a máximo + 20%</i>	<i>209</i>
<i>Tabla 85: Parámetros de sensibilidad de escenario negativo (Adaptado de [12])</i>	<i>210</i>
<i>Tabla 86: Montos acumulados con los parámetros de sensibilidad menos favorables</i>	<i>210</i>
<i>Tabla 87: VAN y TIR del flujo de caja con los parámetros de sensibilidad menos favorables</i>	<i>211</i>
<i>Tabla 88: Costos de componentes con precios mayores o iguales a 200 soles por kg o L.....</i>	<i>211</i>
<i>Tabla 89: Cantidad de insumos de alto costo necesarios para la producción</i>	<i>212</i>
<i>Tabla 90: Tiempo de vida en almacén de los insumos de alto costo</i>	<i>213</i>
<i>Tabla 91: Frecuencia de compra de insumos para la elaboración del tinte</i>	<i>214</i>
<i>Tabla 92: Matriz de Riesgos</i>	<i>215</i>
<i>Tabla 93: Indicadores de sostenibilidad y clasificación en el proceso planteado.....</i>	<i>216</i>
<i>Tabla 94: Comparación del rendimiento del amoníaco y del R-410a [111] [193].....</i>	<i>218</i>
<i>Tabla 95: Insumos vegetales usados en el proceso.....</i>	<i>220</i>
<i>Tabla 96: Finalidad de los usuarios para usar tintes de cabello.....</i>	<i>245</i>
<i>Tabla 97: Color de origen del cabello de los encuestados</i>	<i>245</i>
<i>Tabla 98: Color final del cabello de los encuestados</i>	<i>245</i>
<i>Tabla 99: Precio promedio y frecuencia de uso estimado para el tinte</i>	<i>246</i>
<i>Tabla 100: Rango de edad de los encuestados</i>	<i>246</i>
<i>Tabla 101: Algoritmo de la segunda encuesta realizada.....</i>	<i>248</i>

<i>Tabla 102: Rango de edad del usuario</i>	<i>249</i>
<i>Tabla 103: Formas del tocoferol (Adaptado de [197])</i>	<i>257</i>
<i>Tabla 104: Formas del tocotrienol (Adaptado de [197])</i>	<i>257</i>
<i>Tabla 105: Composición de la fase acuosa.....</i>	<i>259</i>
<i>Tabla 106: Composición de la fase orgánica</i>	<i>259</i>
<i>Tabla 107: Composición de la corriente de aditivos</i>	<i>260</i>
<i>Tabla 108: Componentes del decolorante y su costo por kg</i>	<i>260</i>
<i>Tabla 109: Componentes del tinte y su costo por kg</i>	<i>261</i>
<i>Tabla 110: Registro de picnómetros para el decolorante.....</i>	<i>270</i>
<i>Tabla 111: Registro de picnómetros para el tinte.....</i>	<i>271</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<i>Figura 1: Manufactura del tinte de cabello (Adaptado de [15])</i>	27
<i>Figura 2: Ingresos de L'Oreal [19]</i>	29
<i>Figura 3: Flujo de caja anual de L'Oreal [19]</i>	30
<i>Figura 4: Flujo de caja trimestral de L'Oreal [19]</i>	31
<i>Figura 5: Ingresos de Coty Inc. [20]</i>	32
<i>Figura 6: Flujo de caja anual de Coty Inc. [20]</i>	33
<i>Figura 7: Flujo de caja trimestral de Coty Inc. [20]</i>	34
<i>Figura 8: Concentración de empresas en el área de tintes de cabello a nivel global (Adaptado de [33])</i>	37
<i>Figura 9: Objetivos de Desarrollo Sostenible 3; 9 y 12 respectivamente [13]</i>	38
<i>Figura 10: Tinte líquido Sun-In [36]</i>	39
<i>Figura 11: Comparación del mecanismo de acción de los tintes temporales, semipermanentes y permanentes (Adaptado de [7])</i>	41
<i>Figura 12: Mecanismo de reacción de la oxidación de la parafenilendiamina y posterior acoplación con la metafenilendiamina [38]</i>	42
<i>Figura 13: Combinación de diferentes intermediarios primarios (eje X) y compuestos acopladores (eje Y) con sus respectivos colores de resultado [39]</i>	43
<i>Figura 14: Síntesis del PPD 6 (número 2) y 7 (número 4) a partir del PPD [32]</i>	44
<i>Figura 15: Comparación entre las estructuras moleculares del PPD (izquierda) y del PTDS (derecha) [42]</i>	45
<i>Figura 16: Estructura molecular del para-aminofenol [34]</i>	45
<i>Figura 17: Colores base de cabello [46]</i>	47
<i>Figura 18: Tonalidades y/o reflejos fríos del color de cabello [46]</i>	47
<i>Figura 19: Tonalidades y/o reflejos cálidos del color del cabello [46]</i>	48
<i>Figura 20: Mecanismo de reacción de la oxidación de la melanina [51]</i>	50
<i>Figura 21: Estructura molecular de un ácido peroxicarboxílico [54]</i>	51
<i>Figura 22: Átomos de hidrógeno ionizables en el ácido cítrico [59]</i>	54
<i>Figura 23: Átomos de hidrógeno ionizables en el ácido ascórbico [60]</i>	54
<i>Figura 24: pH de los tipos de tinte [78]</i>	61
<i>Figura 25: Esquema general de manufactura de las cajas de cambio de coloración de cabello</i>	64
<i>Figura 26: Lugares donde se pueden encontrar tintes de cabello [75]</i>	69
<i>Figura 27: Marcas comunes de tintes de cabello [76]</i>	70
<i>Figura 28: Esquema del sistema de mezclado cosmético KP-100 de Cedarstone Industry [109]</i> ...	75
<i>Figura 29: Diagrama de Bloques de la Producción de Decolorante</i>	77
<i>Figura 30: Diagrama de Bloques de la Producción de Tinte</i>	79
<i>Figura 31: PFD del proceso del decolorante</i>	98
<i>Figura 32: PFD del proceso del tinte</i>	99
<i>Figura 33: PFD global del proceso</i>	100

<i>Figura 34: Número de Potencia vs. Número de Reynolds para hélices y cintas helicoidales (Adaptado de [108])</i>	106
<i>Figura 35: Función del calor específico del ácido peracético respecto a la temperatura</i>	110
<i>Figura 36: Función del calor específico de la monoetanolamina respecto a la temperatura</i>	111
<i>Figura 37: Correlación de números de potencia para el mezclador 1 del decolorante (Adaptado de [127])</i>	119
<i>Figura 38: Correlación de números de potencia para el mezclador 2 del decolorante (Adaptado de [127])</i>	125
<i>Figura 39: Correlación de números de potencia para el mezclador 1 del tinte (Adaptado de [127])</i>	132
<i>Figura 40: Correlación de números de potencia para el mezclador 2 del decolorante (Adaptado de [127])</i>	137
<i>Figura 41: Simulación en ProMax del sistema de calentamiento de equipos</i>	144
<i>Figura 42: Simulación en ProMax del ciclo de refrigeración</i>	145
<i>Figura 43: Esquema completo de manufactura de las cajas de cambio de coloración de cabello</i>	148
<i>Figura 44: Planificación de la jornada laboral</i>	155
<i>Figura 45: Máquina Embotelladora [132]</i>	156
<i>Figura 46: Planificación de la producción de un lote</i>	157
<i>Figura 47: Foto de las botellas LDPE con punta [160]</i>	167
<i>Figura 48: Gráfica de flujo de caja</i>	181
<i>Figura 49: Gráfica de flujo de caja con inflación</i>	185
<i>Figura 50: Gráfica de flujo de caja con porcentaje de inflación</i>	187
<i>Figura 51: Gráfica de flujo de caja con decrecimiento de ventas continuo</i>	189
<i>Figura 52: Gráfica de flujo de caja con decrecimiento de ventas estático</i>	190
<i>Figura 53: Gráfica de flujo de caja con modificación de costos de materia prima</i>	198
<i>Figura 54: Gráfica del flujo de caja con el costo óptimo de materia prima</i>	202
<i>Figura 55: Gráfica de flujo de caja con costos de materia prima optimizados, inflación y con el precio de venta a 39,99 soles</i>	204
<i>Figura 56: Gráfica de flujo de caja con reducción de costos de materia prima, inflación y con el precio de venta a 39,99 + 20% soles</i>	206
<i>Figura 57: Gráfica de flujo de caja con reducción de costos de materia prima, inflación y con el precio de venta máximo</i>	207
<i>Figura 58: Gráfica de flujo de caja con reducción de costos de materia prima, inflación y con el precio de venta máximo + 20%</i>	208
<i>Figura 59: Gráfica de flujo de caja con los parámetros de sensibilidad menos favorables</i>	210
<i>Figura 60: Esquema del sistema de enfriamiento del proceso de decolorante y tinte</i>	217
<i>Figura 61: Esquema del sistema de calentamiento del proceso de decolorante y tinte</i>	217
<i>Figura 62: Esquema de un ciclo de refrigeración [111]</i>	218
<i>Figura 63: Rango de edad del usuario</i>	248
<i>Figura 64: Color natural del usuario</i>	249
<i>Figura 65: Inclinação del consumidor en teñir su cabello</i>	250
<i>Figura 66: Color deseado de las personas que volverían a teñir su cabello</i>	251

<i>Figura 67: Color que las personas que tiñen su cabello suelen elegir.....</i>	<i>252</i>
<i>Figura 68: Color deseado para las personas que tiñen su cabello</i>	<i>253</i>
<i>Figura 69: Frecuencia de teñido de las personas que tiñen su cabello.....</i>	<i>254</i>
<i>Figura 70: Frecuencia de teñido de las personas que tiñen su cabello.....</i>	<i>255</i>
<i>Figura 71: Uso de tratamientos adicionales de los encuestados.....</i>	<i>256</i>
<i>Figura 72: Formulación algebraica de la optimización de costos para el decolorante.....</i>	<i>261</i>
<i>Figura 73: Formulación algebraica de la optimización de costos para el tinte.....</i>	<i>262</i>
<i>Figura 74: Importación de paquetes de Julia</i>	<i>262</i>
<i>Figura 75: Definición del modelo en Julia</i>	<i>262</i>
<i>Figura 76: Definición de parámetros para la optimización de costos del decolorante.....</i>	<i>262</i>
<i>Figura 77: Definición de parámetros para la optimización de costos del tinte</i>	<i>263</i>
<i>Figura 78: Definición de variables de decisión para el decolorante</i>	<i>263</i>
<i>Figura 79: Definición de variables de decisión para el tinte</i>	<i>263</i>
<i>Figura 80: Definición de una función objetivo para el decolorante.....</i>	<i>263</i>
<i>Figura 81: Definición de una función objetivo para el tinte</i>	<i>263</i>
<i>Figura 82: Definición de restricciones para el decolorante.....</i>	<i>264</i>
<i>Figura 83: Definición de restricciones para el tinte.....</i>	<i>265</i>
<i>Figura 84: Código para optimizar el modelo de costo del decolorante</i>	<i>266</i>
<i>Figura 85: Código para optimizar el modelo de costo del decolorante</i>	<i>266</i>

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
<i>ANEXO 1: Encuestas del análisis referencial de mercado</i>	245
<i>ANEXO 2: Tocoferoles y Tocotrienoles</i>	257
<i>ANEXO 3: Estructura molecular del Resorcinol [150].....</i>	258
<i>ANEXO 4: Estructura molecular del Tetra Pirofosfato de Sodio [151].....</i>	258
<i>ANEXO 5: Estructura molecular del Estanato de Sodio [154].....</i>	258
<i>ANEXO 6: Componentes de las fases de la mezclas</i>	259
<i>ANEXO 7: Código de optimización del costo de materia prima.....</i>	260
<i>ANEXO 8: Control de Calidad en la producción de tintes de cabello.....</i>	267

ÍNDICE DE APÉNDICES

	Pág.
<i>APÉNDICE 1: Procedimiento experimental para obtener la densidad y viscosidad del tinte y del decolorante</i>	269
<i>APÉNDICE 2: Preparación y prueba de color del decolorante de cabello.....</i>	273

ÍNDICE DE ECUACIONES

- Ecuación 1* *Temperatura media logarítmica*
- Ecuación 2* *Ecuación general de balance de materia*
- Ecuación 3* *Ecuación de balance de materia para procesos estacionarios y reactivos*
- Ecuación 4* *Composición de las corrientes del proceso del decolorante*
- Ecuación 5* *Composición de las corrientes del proceso del tinte*
- Ecuación 6* *Fracción másica del agua respecto a las otras fracciones másicas en el proceso del decolorante*
- Ecuación 7* *Fracción másica del agua respecto a las otras fracciones másicas en el proceso del tinte*
- Ecuación 8* *Proporción de volúmenes entre el tinte y el decolorante*
- Ecuación 9* *Proporción de masas y densidades entre el tinte y el decolorante*
- Ecuación 10* *Balance de materia por componentes en el mezclador 3 para el proceso del decolorante*
- Ecuación 11* *Balance de materia por componentes en el mezclador 3 para el proceso del tinte*
- Ecuación 12* *Balance de materia global por componentes para el proceso del decolorante*
- Ecuación 13* *Balance de materia global por componentes para el proceso del tinte*
- Ecuación 14* *Ecuación general de balance de energía*
- Ecuación 15* *Balance de energía para fluidos incomprensibles*
- Ecuación 16* *Cálculo del número de Reynolds*
- Ecuación 17* *Cálculo del número de potencia para un mezclador*
- Ecuación 18* *Relación entre la altura y el diámetro de un mezclador*
- Ecuación 19* *Ecuación global de transferencia de calor*
- Ecuación 20* *Área de chaquetas térmicas*
- Ecuación 21* *Tiempo de manufactura respecto a la cantidad de trabajadores en las áreas de llenado y empaquetado*

Ecuación 22 Tiempo activo de trabajadores en las áreas de llenado y empaquetado

Ecuación 23 Tiempo activo del total de trabajadores

Ecuación 24 Costo de contingencia

Ecuación 25 FCI

Ecuación 26 Costos fijos

Ecuación 27 OPEX

Ecuación 28 Depreciación de equipos

Ecuación 29 Ecuación de tipo de cambio

RESUMEN

En la presente tesis se investigó acerca de la composición, diseño de proceso y producción de tintes de cabello de origen vegetal. El mercado de tintes de cabello aumentó sus ventas en un 10% respecto al 2020 y con ese impulso se vio una oportunidad de embarcarse en este sector e investigar una alternativa sostenible y eco amigable. Para no competir con la industria alimentaria, se escogieron plantas que no sean de consumo masivo (coco, manzanilla, cúrcuma, etc) como materia prima. Para reducir los daños ocasionados en el cabello por el amoniaco y el peróxido de hidrógeno, se optó por el uso de monoetanolamina (2% de la masa del tinte) y ácido peracético respectivamente. También se definió usar compuestos acopladores por oxidación alternativos al PPD para disminuir el riesgo de intoxicación. Los compuestos acopladores elegidos fueron el PPD 6, el PPD 7 y el resorcinol; con porcentajes de masa en el tinte de 0,02 %; 0,02 % y 1,25 % respectivamente. Para ello, se ha realizado un balance de masa y un modelo matemático para generalizar en rangos de operación para la obtención del producto. Con el modelo matemático se conoció la distribución de materia prima para los mezcladores de fase acuosa y oleosa. La base de cálculo usada es el volumen convencional de producción comercial de tintes (75 mL de decolorante y 50 mL de tinte), donde fueron calculadas relaciones de masa, entre las temperaturas de 20 °C y 75 °C. Se han dimensionado los mezcladores para el proceso. Para el decolorante, los volúmenes de los tanques son de 51 L, 46 L y 98 L (fase acuosa, fase oleosa y emulsión respectivamente). Para el tinte, los volúmenes de los tanques son de 42 L, 14 L y 65 L (fase acuosa, fase oleosa y emulsión respectivamente). La producción será por lotes de 1000 cajas de tinte y se producirán 2 lotes diarios. Se realizó un análisis económico para determinar la viabilidad del producto final, dando por resultado que es viable y la inversión se recupera después del segundo año (VAN de 45,8 millones de soles y TIR al 155%). Por último, se aspira que este producto se haga lugar en el mercado peruano.

PALABRAS CLAVES:

Tinte; Decolorante; Oxidación; Orgánico; Diseño de Proceso

ABSTRACT

PROCESS DESIGN OF PERMANENT HAIR DYES MADE FROM PLANTS

Due to the growth of the Peruvian hair dyes market post pandemic (10 % growth compared to 2020), a chance to investigate and develop an eco-friendly alternative for this cosmetic appeared. Most of the raw materials are plants (coconut, chamomile, turmeric, etc) which are not massively used in the food industry. The plant-based components are in oil or powder form. To reduce the damage caused to the hair by ammonia and hydrogen peroxide, it is considered to replace them with monoethanolamine and peracetic acid respectively. To substitute PPD, it is defined to use alternative oxidation coupling compounds to reduce the risk of intoxication. These components are PPD 6, PPD 7 and resorcinol (mass percentage of 0,02 %; 0,02 % and 1,25% respectively). Mass balances were done and a mathematical model has been built to know the distribution of raw material for the aqueous and oily phase mixers and to define operating ranges the obtaining of the product. The regular dye volumes (75 mL of hair bleach and 50 mL of hair dye) were taken as the calculus basis, mass ratios were found through density. The process temperature lies between 20 °C to 75 °C. Mixers have been sized for the process. The volumes of the hair bleach tanks are 51 L, 46 L and 98 L (aqueous phase, oily phase and emulsion respectively). For the dye, the volumes of the tanks are 42 L, 14 L and 65 L (same order as the hair bleach). The production will be in batches of 1000 boxes of dye and 2 daily batches will be produced. An economic analysis was carried out to determine the viability of the final product, giving as a result that it is viable and the investment is recovered after the second year (VAN of 45.8 million soles and IRR of 155%). Finally, it is hoped that this product will find a place in the Peruvian market.

KEYWORDS:

Hair dye; Hair Bleach; Oxidation; Organic; Process Design

INTRODUCCIÓN

Presentación del tema de investigación

El tinte de cabello tiene como finalidad “embellecer” a la persona y es de uso estético. El sector de productos cosméticos capilares en el Perú ha caído en un 13% en el primer semestre del 2020 debido a la pandemia de COVID-19 [1]. En 2021, el área de capilares ascendió en un 10% respecto al año anterior. Para 2022 se estimaba que el crecimiento del subsector de capilares vaya a incrementar en 1,5% respecto al año anterior [2]. Sin embargo, en el año 2022 el Gremio Peruano de Cosmética e Higiene (Copecoh) de la Cámara de Comercio de Lima (CCL) registró un avance del sector cosméticos en un 6% respecto al año anterior. En la categoría de capilares Respecto al periodo previo a la pandemia, la industria cosmética peruana ha crecido en un 3%. En la categoría de capilares (donde se encuentran los tintes de cabello en sus productos), se ha registrado un avance del 9% respecto al 2021 [3]. Acorde al reporte del Copecoh, en el primer semestre del año 2023 se alcanzó un incremento de ventas en el sector cosmético peruano en un 8,4% respecto al 2022. Específicamente, el sector capilar ha crecido un 4,7% respecto al 2022 [4]. Con un sector ya recuperado del impacto de la pandemia y que sigue en crecimiento es prometedor lanzar un nuevo producto al mercado con matices orgánicos y asequible al consumidor.

Descripción de la situación problemática

Desde hace unos 5 años aproximadamente, los consumidores de tinte de cabello han tomado mayor conciencia respecto al impacto ambiental de la producción de este cosmético [5] y tiende por comprar productos que sean amigables con el ambiente [6]. Sin embargo, la desventaja de los tintes naturales de cabello es su corta duración en el cabello (2 - 3 semanas). Ya que este tipo de tintes suelen ser semipermanentes o de un solo uso. Otro factor importante en la elección del tinte de cabello es la ausencia de amoniaco y que la decoloración no sea agresiva ya que ambos factores dañan al cabello (deshidratación, cabello quebradizo, caída

de cabello) y al cuero cabelludo (irritación de la piel, reacciones alérgicas) [7]. Además, que el tinte esté a base de componentes vegetales implica que los trabajadores tengan un entorno laboral más seguro y consecuentemente la productividad va a aumentar. Adicionalmente, se promueve la agricultura de los insumos vegetales elegidos y se promueve su uso; lo que significa que habría una mayor capacidad de producción por parte del sector agrícola de plantas que no son de consumo masivo y brindaría trabajo a los agricultores de las plantas seleccionadas para fabricar el tinte.

Formulación del problema

Se puede aprovechar la recuperación y crecimiento del sector cosmético en el Perú (específicamente en el rubro de tintes de cabello). Además de ello, el Perú cuenta con una gran biodiversidad para producir un tinte hecho a base de insumos naturales. Un problema de aspecto social es el estigma de que los tintes son dañinos para el cabello, mayormente descrito por la presencia de amoníaco y reacciones alérgicas que causan en el usuario. Así como también existe el estereotipo que todos los tintes de cabello dejan el cabello reseco y lo hace propenso a quebrarse. Históricamente, el uso de tinte de cabello simboliza belleza y buen cuidado en la apariencia [8]. Sin embargo, en los años recientes los usuarios de tinte de cabello han tomado mayor precaución respecto a los efectos secundarios de los tintes de cabello. Entre estos daños se encuentran la irritación de la piel como también del cuero cabelludo, fragilidad del cabello, horquillas, caída del cabello y en el peor de los casos, cáncer debido a reacciones no deseadas de los compuestos químicos de los tintes convencionales. A partir de ello se podría fabricar una alternativa más segura para el usuario, pero igual o más eficiente que un tinte permanente común.

En el aspecto ambiental, los envases de los tintes terminan siendo residuos y mayormente están compuestos de un material no biodegradable o complicado de reciclar. La parafenildiamida (PPD), uno de los componentes de los tintes permanentes comunes, se oxida con agua y produce un polímero marrón-negro insoluble en medio acuoso. La PPD tampoco es biodegradable, ya que los microorganismos apenas pueden ralentizar la oxidación

del PPD en el agua hasta un plazo de 6 días. En el caso del polímero de la PPD oxidada, tiene poca capacidad de biodegradación [9].

Se ha realizado una primera encuesta referencial a 38 personas, acerca de sus experiencias con los tintes de cabello con la finalidad de enfocar el proyecto en algo más específico. Posteriormente se hizo otra encuesta a 163 personas para profundizar más en las necesidades del consumidor y tener mayores especificaciones acerca del producto a fabricar.

Además, en el Perú aún no existe un tinte que sea libre de amoníaco / hidróxido de amonio, peróxido de hidrógeno y que sea con ingredientes vegetales. Hay ejemplares de marcas reconocidas como L'Oreal, Schwarzkopf y Wella que pueden ser libres de amoníaco, pero no son libres de peróxido de hidrógeno ni con diversos insumos vegetales.

Objetivos de investigación

Objetivo Principal:

- ❖ Diseñar conceptualmente el proceso de elaboración de tintes y decolorantes permanentes a partir de compuestos vegetales.

Objetivos Específicos:

- ❖ Realizar los balances de masa y energía a partir de la materia prima seleccionada.
- ❖ Plantear un modelo matemático del proceso para calcular la cantidad de insumos a utilizar en el proceso a partir de la composición del tinte y del decolorante.
- ❖ Seleccionar y diseñar los equipos principales para el proceso.
- ❖ Realizar el análisis económico del proyecto para verificar su viabilidad.
- ❖ Identificar los productos como bienes ambientalmente sostenibles.

Justificación y Motivación

La motivación de este trabajo de investigación es poder dar una opción sostenible a los usuarios de tintes de cabello a partir de compuestos naturales. Los insumos elegidos no compiten con el consumo masivo de la industria alimentaria. Otro factor de motivación es la promoción de la química verde e incentivar a los usuarios a utilizar productos hechos a base de insumos peruanos. Este proyecto se justifica en el impulso económico que tiene la industria cosmética en el Perú, específicamente de los tintes de cabello, desde la reactivación económica tras la pandemia del COVID-19 y la superación de las cifras obtenidas antes de la pandemia.

Alcance, limitaciones y restricciones

El alcance del proyecto es diseñar conceptualmente el proceso de elaboración de tintes y decolorantes para el cabello a base de compuestos vegetales. El diseño del proceso se extiende desde la formulación del decolorante y tinte hasta la comercialización del producto. El proceso diseñado es a escala industrial y por lotes. El alcance final del proyecto es hacia el mercado peruano, específicamente a un público adulto (entre los 18 y 75 años de edad), en Lima Metropolitana, para el sector socioeconómico A y B. Para ello, se realizaron encuestas con la finalidad de analizar la situación y el estado del público objetivo en los sectores de Lima mencionados.

Una limitación para el proceso a estudiar es la ausencia de información sobre tintes permanentes vegetales, ya que es algo que aún no se ha creado y por ende no se cuenta con información previa del diseño de proceso a examinar. Otro factor limitante es que las propiedades del producto diseñado solo podrán ser calculadas, pero no validadas experimentalmente, ya que la investigación no es experimental.

Otra limitación es la competencia con las grandes empresas cosméticas que operan en Perú (L’Oreal, Wella, Schwarzkopf) [10]. Sin embargo, el valor agregado del producto (origen peruano) daría una oportunidad de competir inicialmente con marcas pequeñas y poco a poco hacerse un lugar en el mercado peruano. Adicionalmente, el diseño del proceso

será a escala industrial y de tipo batch. Debido a que la empresa recién estaría iniciando a hacerse un nombre en el mercado limeño y luego a nivel nacional, entonces sería recomendable iniciar una producción pequeña antes de iniciar la producción industrial de acuerdo a la recomendación de la literatura (Felder [11] y Towler [12]). Cabe resaltar que en esta tesis se está planteando un diseño conceptual para el proceso y abarca desde la formulación del decolorante y tinte hasta la entrega del producto y comercialización, con mayor énfasis en la formulación, diseño de proceso, dimensionamiento de equipos, costos y planificación de procesos de manufactura.

Otro alcance del proyecto es lograr que el desarrollo del producto sea sostenible, es decir, que se logre un ahorro de materia prima y disminución de la cantidad de efluentes del proceso. Para que el proceso sea sostenible debe cumplir uno o más de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) planteados por la Organización de las Naciones Unidas. Acorde al objetivo de este proyecto, se abarcarán 3 ODS (3 Salud y Bienestar; 9 Industria, Innovación e Infraestructura y 12 Producción y Consumo) [13].

CAPÍTULO I

REVISIÓN CRÍTICA DE LA LITERATURA

En este capítulo se aborda el estado del arte, en el cual se presenta información de interés relacionada a la producción industrial de los tintes de cabello, así como la situación actual del mercado global de los tintes de cabello y la evolución de los tintes de cabello a lo largo de la historia. Adicionalmente, se analizan los efectos adversos de los decolorantes y tintes de cabello y las investigaciones recientes para dar soluciones alternas y seguras a los usuarios.

1.1. Descripción de la producción industrial de los tintes de cabello

A nivel mundial, el proceso de producción de los tintes de cabello se encuentra estandarizado. Empresas como Wella, Scharwzkopf, L'Oreal, etc tienen procedimientos similares para poder obtener su producto.

La manufactura del tinte es por lotes [14]. Previo al inicio del proceso, la materia prima es revisada y testeada para certificar que el insumo cumple con las propiedades requeridas para su uso. Luego, continúa con el pesaje de los insumos para agregarlos al lote. Generalmente, este procedimiento es realizado por un operario. Para lotes más grandes, este paso puede ser automatizado. Posteriormente, sigue el premezclado. Consta de disolver los insumos en agua a 70 °C y se agita por 20 minutos [15]. El producto de la premezcla se deposita en un tanque más grande para juntarlo con la materia prima que aún no ha sido adicionada. Un lote suele contener 725 kg y uno grande puede tener hasta 10 veces más. En esta mezcla se agregan aditivos como alcohol etílico, alcalizadores y otros solventes. En caso del alcohol etílico, se agrega una vez que la temperatura de los componentes no sea mayor a 40 °C debido a que se evita la evaporación del etanol [14]. Al final de la mezcla, se agregan las fragancias respectivas del tinte. Una vez listo el lote, se circula hacia otro tanque para el llenado de las botellas. La cantidad de tinte agregado es medido por un sensor de masa,

volumen y/o nivel (dependiendo de la llenadora utilizada) [16]. A continuación, las botellas llenas se sellan. Por último, las botellas se empaquetan en cajas de cartón y se le agregan otros productos; como acondicionador, el desarrollador de color y guantes. Las cajas del producto final pasan a los almacenes para luego ser distribuidos a las góndolas de las tiendas. Se puede observar un resumen del proceso de manufactura del tinte de cabello en la *Figura 1*. Esta figura describe y resume la producción de tintes de cabello y sus respectivas etapas: la revisión de insumos, el proceso de premezclado y mezclado del tinte de cabello.

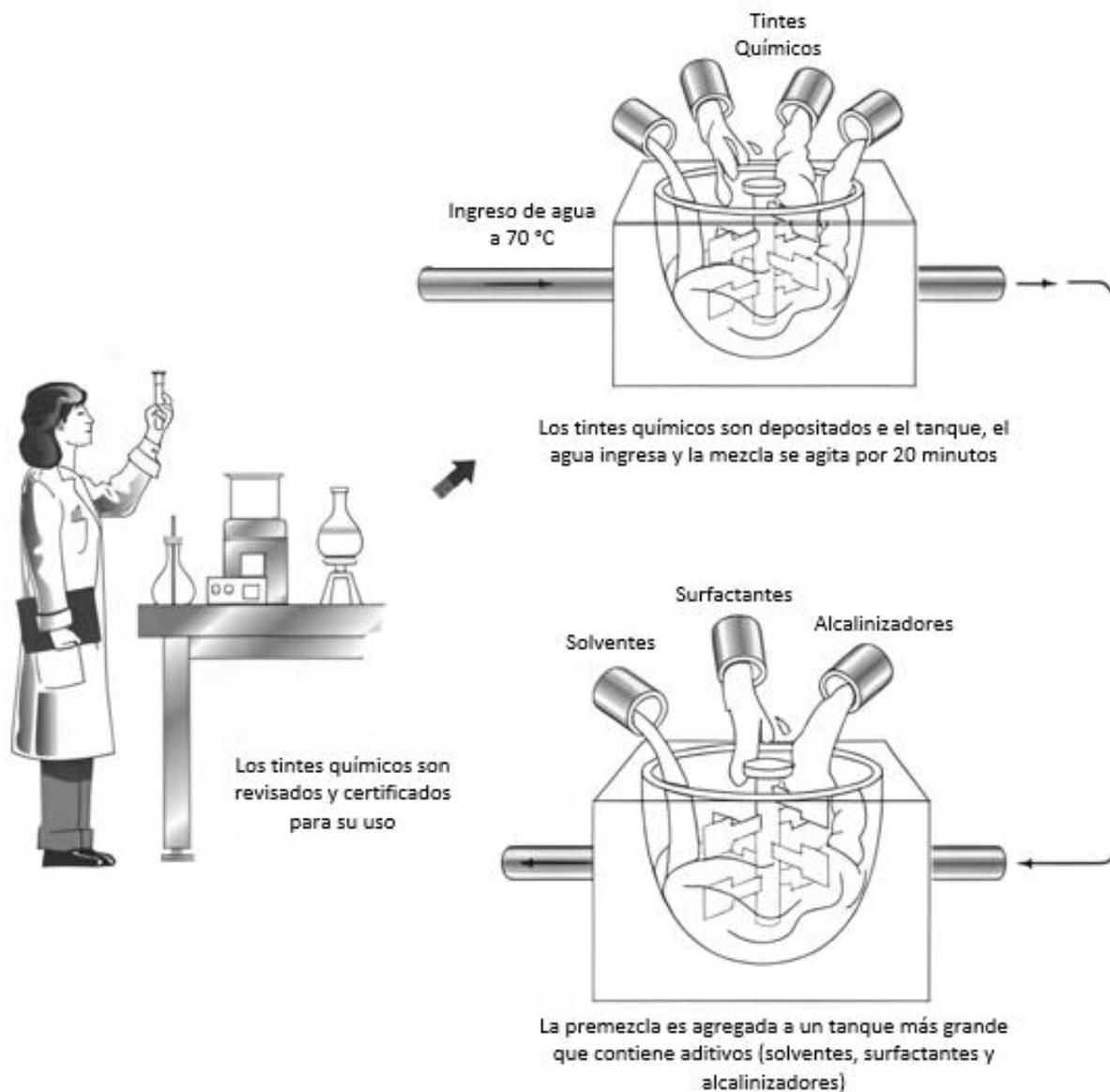


Figura 1: Manufactura del tinte de cabello (Adaptado de [15])

1.2. Situación del mercado global de productos de coloración de cabello

La pandemia del COVID-19 fue un evento que provocó el estancamiento de diversas empresas. Según el International Trade Centre mediante su mapa de estadísticas comerciales, el valor de las exportaciones de cosméticos (en miles de dólares estadounidenses) en 2020 a nivel mundial decreció en un 4,33 % respecto al 2019. A nivel local (Perú), el valor de

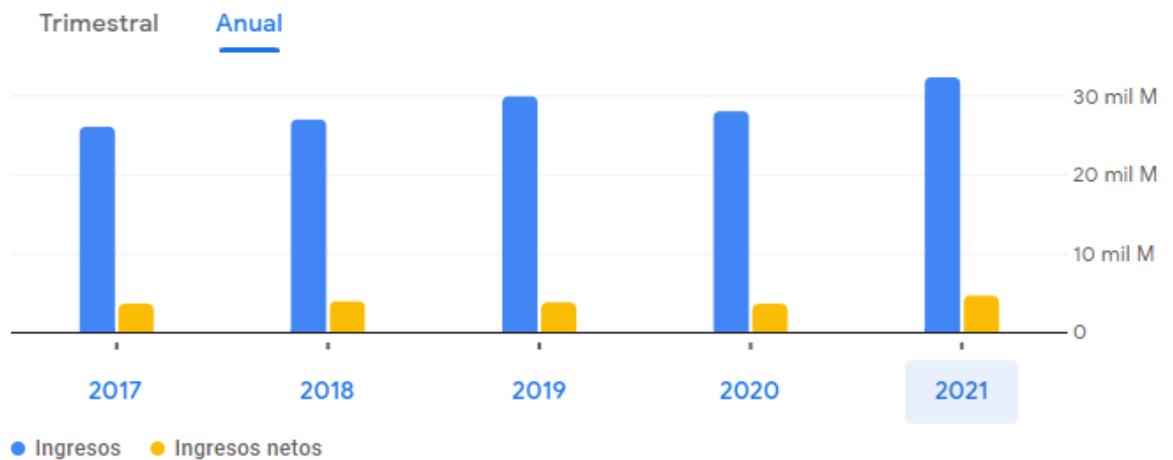
exportaciones en 2020 (en miles de dólares estadounidenses) decreció en 9,39 % respecto al 2019 [17].

Según un estudio de mercado de 2022 realizado por Astute Analytica, empresa de estudios de mercado de la sociedad de investigación de mercados de India, hay ciertas tendencias del mercado como el uso de colores no tradicionales (colores que no sean tonos de marrón o negro) para personas mayores de 30 años. Otra tendencia del mercado es que los tintes sean “orgánicos” (de origen vegetal) y libres de amoníaco y peróxido de hidrógeno. Sin embargo, el uso de componentes más nocivos en los tintes a nivel industrial es debido a que los *shampoos* son sintéticos y crean un efecto dominó en el daño al cabello [18]. Un aspecto a considerar es que las mujeres suelen utilizar con mayor frecuencia que los hombres y por ende existe mayor variedad de productos de teñido de cabello dirigidos a ellas.

1.2.1. Análisis de ventas de las principales empresas de tintes de cabello

A partir de la plataforma Google Finance se extrajeron las cifras de las ventas de dos grandes empresas de tintes de cabello, estas son L’Oreal y Wella (Coty Inc). La información extraída es sobre sus ventas en diferentes años, cabe resaltar que venden otros productos cosméticos. La *Figura 2* muestra la data de ingresos e ingresos netos del 2017 al 2021. Otro detalle a considerar es que la empresa cuenta con la clasificación climática de CDP (Carbon Disclosure Project) más alta, clase A. La empresa francesa es clasificada como líder en prácticas sostenibles [19].

Estado de resultados



(EUR)	2021 ⓘ	CAMBIO INTERANUAL
Ingresos	32,29 mil M	↑ 15,35 %
Gastos operativos	17,70 mil M	↑ 15,98 %
Ingresos netos	4.597,10 M	↑ 29,01 %
Margen de beneficio neto	14,24	↑ 11,86 %

Figura 2: Ingresos de L'Oréal [19]

Según la *Figura 2*, tanto los ingresos como los ingresos netos han aumentado por año. La excepción es el año 2020 debido a la pandemia del COVID-19. No obstante, los gastos operativos también aumentaron. A pesar de ello, el margen de beneficio neto es lo suficiente como para amortiguar los gastos operativos y seguir obteniendo utilidades. A continuación, se va a mostrar el flujo de caja de L'Oréal desde el 2017 hasta el 2021.



Figura 3: Flujo de caja anual de L'Oréal [19]

Debido a la pandemia, se necesitó una mayor financiación para la empresa. Esto se debió a la implementación de medidas sanitarias para prevenir el contagio del coronavirus. En contraste de los números negativos del año 2021 (-3692,1 millones de euros de variación neta del flujo de caja) [19], hubo un aumento de ingresos netos. Al realizar el análisis trimestral de la empresa, se puede observar con detalle los ingresos y pérdidas de la empresa.

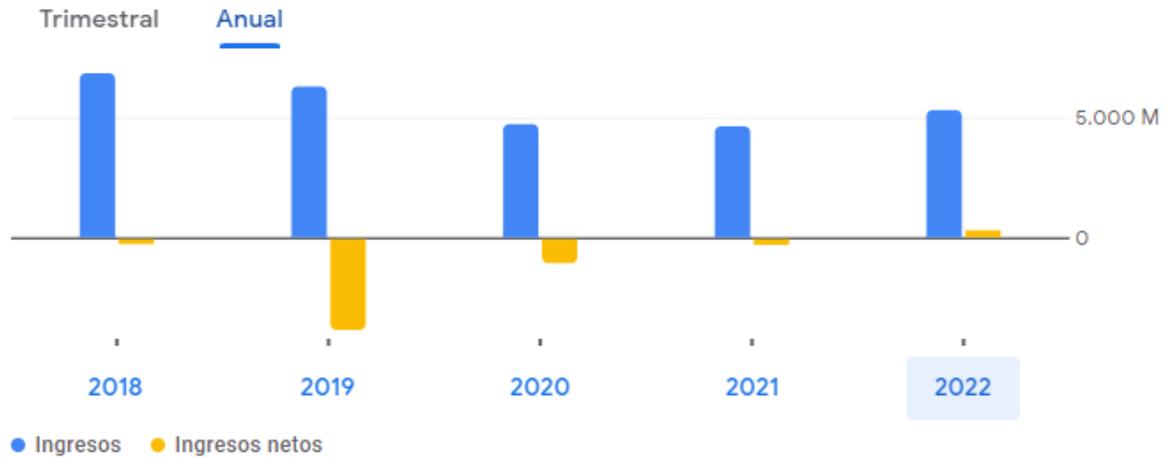


Figura 4: Flujo de caja trimestral de L'Oreal [19]

Se puede apreciar que el punto de inflexión del flujo de caja fue en el primer trimestre del 2022.

Por el lado de Coty Inc. (Wella), se van a presentar sus ingresos y flujos de caja a continuación.

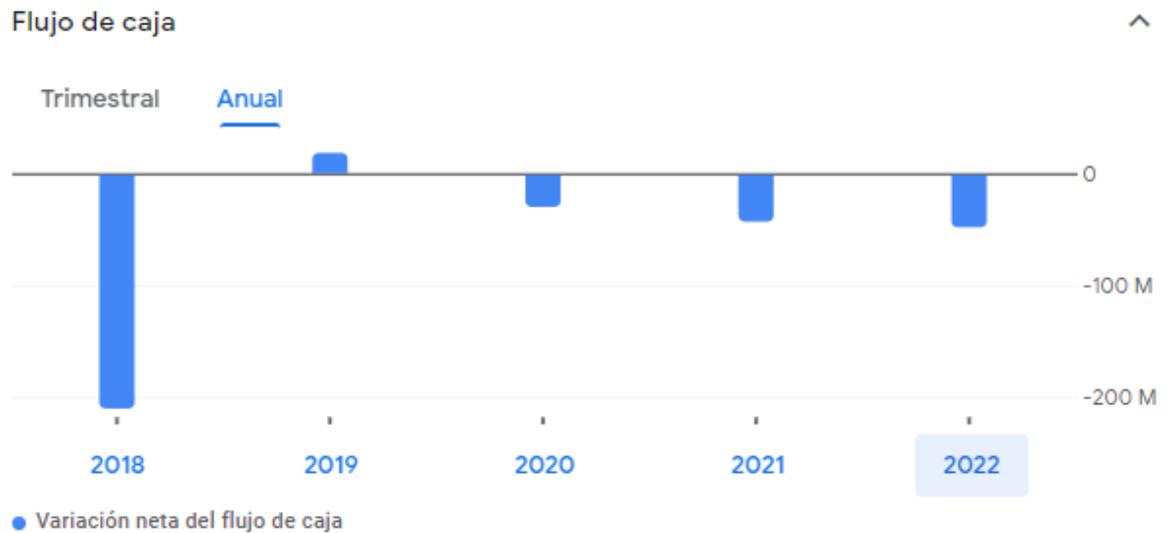
Estado de resultados



(USD)	2022 ⓘ	CAMBIO INTERANUAL
Ingresos	5.304,40 M	↑ 14,57 %
Gastos operativos	3.041,30 M	↑ 16,20 %
Ingresos netos	259,50 M	↑ 228,91 %
Margen de beneficio neto	4,89	↑ 212,41 %

Figura 5: Ingresos de Coty Inc. [20]

La empresa dueña de Wella ha tardado más en recuperarse desde la pandemia. A pesar que sus ingresos han ido en aumento desde el 2020, todavía no alcanzaron las cifras del 2019 (pre pandemia), incluso sus ingresos netos recién han sido positivos desde el 2022 [20].



(USD)	2022 ⓘ	CAMBIO INTERANUAL
Ingresos netos	259,50 M	↑ 228,91 %
Efectivo de operaciones	726,60 M	↑ 127,99 %
Efectivo de inversión	269,70 M	↓ -88,96 %
Efectivo de financiación	-1.034,00 M	↑ 63,01 %
Variación neta del flujo de caja	-46,60 M	↓ -12,02 %
Flujo de caja libre	856,31 M	↓ -79,11 %

Figura 6: Flujo de caja anual de Coty Inc. [20]

Coty Inc. Presenta pérdidas desde que inició la pandemia y no se ha podido recuperar de ello. La situación de la compañía estadounidense se ha ido agravando, pero su velocidad de caída es menor. En el 2021, la empresa tuvo -41,6 millones de dólares de variación neta del flujo de caja y en el 2022 ha tenido -46,6 millones de dólares de este mismo factor. Para un análisis más detallado, se examina el flujo de caja trimestral de Coty Inc.



Figura 7: Flujo de caja trimestral de Coty Inc. [20]

Los meses recientes han sido turbulentos para Coty Inc. Sus cifras oscilan entre ganancias y pérdidas. Desafortunadamente para la empresa, sus ingresos netos han sido negativos y su variación neta del flujo de caja ha caído drásticamente.

1.3. Evolución de los decolorantes y tintes de cabello en el tiempo

El inicio del uso de los tintes de cabello se remonta desde la época del Antiguo Egipto, ellos utilizaban la henna para poder cubrir sus canas [21]. En la época romana, las prostitutas tenían como requisito teñirse el cabello de amarillo para indicar su profesión. Luego de que los romanos conquistaran a los galos, las esclavas tenían el cabello rubio, por lo que las prostitutas pasaron a teñirse el cabello a rojo [22]. En la época del Renacimiento, se untaba sodio al cabello y se exponía al sol por varias horas para que el cabello se decolore. En 1863, el científico August Haussmann descubrió la parafenildiamina (PPD) [21]. La PPD es un intermediario primario que reacciona con un componente oxidante (por ejemplo: el peróxido de hidrógeno) y luego reacciona con los otros componentes (agente acoplador) del tinte para generar moléculas más grandes y obtener el color deseado [23]. En el siglo XX, el tinte evolucionó rápidamente con la adición de agentes oxidantes y solventes (agua y alcohol). En la actualidad, el desarrollo del tinte de cabello está orientado a proteger al usuario de daños secundarios, disminuir la cantidad de residuos generados en su producción y seguir mejorando la eficacia de la aplicación de este cosmético [21].

1.3.1. Efectos adversos de los decolorantes y tintes tradicionales y soluciones alternas

Los tintes de cabello tradicionales contienen PPD en su composición [21]. Este componente es tóxico ya que éste reacciona con el oxígeno del aire y es potenciado con el peróxido de hidrógeno para generar quinona-di-imina, como intermediario. Este compuesto es cancerígeno y mutágeno, dependiendo de la predisposición genética de las personas que lo usen [24]. Por otro lado, se busca reemplazar el amoníaco, ya que este posee un olor punzante y puede provocar irritación en la piel [25]. El peróxido de hidrógeno puede irritar la piel y reseca el cabello, causando que el cabello sea frágil y quebradizo [26].

1.3.1.1. Tintes vegetales

En la Edad Antigua, los egipcios utilizaban una pasta de henna para teñir su cabello, los griegos también aplicaron esta técnica. El proceso de teñido de cabello en la época del

Imperio Romano consistía en aplicar sobre el cabello una pasta preparada con cenizas de madera de haya y sebo de cabra para provocar su decoloración. Para teñirse, aplicaban sales de plomo y diversos extractos de plantas [21].

Respecto a las investigaciones y mejoras de los tintes de cabello en el siglo XXI, Carla Boga ha realizado investigaciones en el año 2012 para obtener tonos rojos, amarillos, azules y marrones a partir de las antocianinas de diversos frutos para el rojo, cúrcuma para el amarillo, antocianina azul para el azul y parabenzoquinona y juglona para el marrón [27]. En el año 2013, Naishadham et al. proponen un método de teñido con diversas plantas (hojas y flores) con gel de aloe vera y con partículas de hierro [28].

Shahi y colaboradores, en el 2017, han realizado un estudio donde analizaron diversas plantas que tienen características y potencial para poder teñir el cabello. Este estudio incluye la composición química y el análisis de los componentes para poder teñir el cabello y el color de cada sustancia [29].

Un estudio en Irán del 2020, desarrollado por Samaneh Sharif et al. de la universidad de NOVA (Lisboa), muestra el uso de diversas plantas iraníes para obtener flavonoides y tonalidades amarillas [30].

Sargsyan et al. desarrollaron un método para cabellos previamente decolorados para que pueda ser teñido con taninos vegetales y sales de metales en el año 2020 [31].

Venkatesan et al. en el año 2021, han propuesto el uso de 2 oligómeros para reemplazar el PPD. Estos oligómeros tienen cadenas grandes y se incluyen a la estructura molecular del PPD [32].

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Mercado de Tintes

Según Mordor Intelligence, el mercado de tintes de cabello tanto a nivel global como en Perú es fragmentado. En otras palabras, es bastante competitivo porque hay diversas empresas que venden este tipo de productos [33]. La *Figura 8*, muestra de forma gráfica la concentración de empresas en el área de tintes de cabello a nivel global, donde se puede diferenciar la distribución de diferentes marcas a nivel mundial.

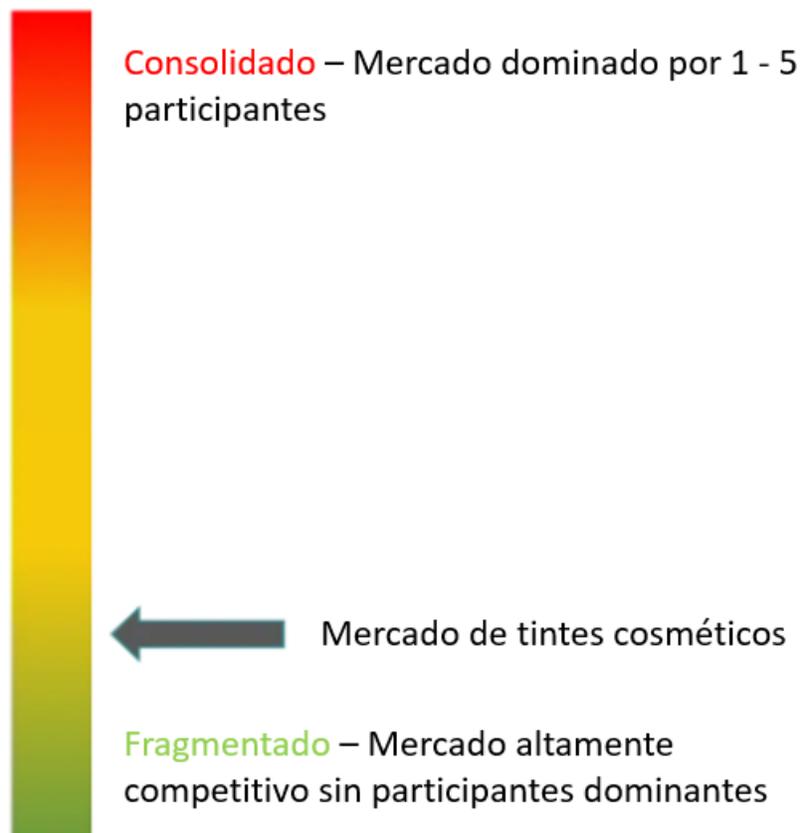


Figura 8: Concentración de empresas en el área de tintes de cabello a nivel global (Adaptado de [33])

2.2. Objetivos de Desarrollo Sostenible

A continuación, la *Figura 9* muestra una ilustración de los ODS aplicados en el presente proyecto.



Figura 9: Objetivos de Desarrollo Sostenible 3; 9 y 12 respectivamente [13]

El ODS 3 está enfocado en que el producto no debe causar enfermedades, alergias ni efectos secundarios en el usuario. Respecto al ODS 9, la manufactura del tinte de brindar nuevas materias primas para el proceso de producción del tinte de cabello y el decolorante. Además de que en Perú se pueda realizar a largo plazo una planta de producción de tintes de cabello, ya que actualmente son importados. Por último, el proyecto busca satisfacer el ODS 12 ya que se busca reducir los efluentes, residuos y mermas. A su vez, estos componentes pueden ser vendidos a empresas que se encarguen de producir compost y/o biodigestión anaeróbica de residuos orgánicos. En pocas palabras, el proyecto aspira a una economía circular con la finalidad de poder reducir la cantidad de insumos utilizados, así como la disminución de la generación de desechos, siendo capaz de volver a usarlos en el proceso.

2.3. Tinte

Es un componente que da coloración al cabello previamente decolorado por el agente oxidante (temporal) o reductor (semi-permanente). Existen diversos tonos y colores de tintes. Las presentaciones de los tintes son en crema, en polvo, geles y como líquido (solución

acuosa). En el caso del polvo, se tiene que disolver en agua para ser aplicado y dejar reposar por 30 minutos [18]. Por el lado de la crema, este ya está predispuesto para aplicar, sólo se necesitaría mezclar la crema reveladora (decolorante) y el tinte para luego usarlo en el cabello del consumidor. El tinte líquido se aplica de forma progresiva, lo que requiere una aplicación constante junto con peinar el cabello [34]. Un ejemplo de este tipo de tinte es el Sun-In (ver *Figura 10*). La aplicación del tinte de cabello gel es la misma que en crema [35].



Figura 10: Tinte líquido Sun-In [36]

El tipo de tinte más conveniente de usar es el de crema, porque al ser más viscoso ($11 Pa \times s$ [37]) que el polvo disuelto en agua ($0,001 Pa \times s$), es menos probable que se pierda tinte al aplicarlo al cabello. Es más práctico que el tinte líquido, ya que sólo se aplica una vez y el teñido queda listo.

2.3.1. Clasificación de tintes de cabello por su tiempo de vida

Existen diferentes tipos de tinte de cabello, según su duración en su adherencia que este tenga. Los tipos de tinte de cabello son:

2.3.1.1. Tintes Temporales

Este tipo de tinte es fácil de lavar, el cabello lo adsorbe pero no llega a penetrar el cabello. Dura hasta 2 lavadas. La razón de su corto tiempo en el cabello es debido a que sus componentes son sustancias con estructura molecular grande y como el cabello no ha sido previamente perforado por el oxidante, las moléculas del tinte no entran a los poros del cabello [7].

2.3.1.2. Tintes Semi Permanentes

Es soluble en agua y tampoco necesita un decolorante para que pueda hacer efecto. Su estructura molecular es más pequeña y puede penetrar el cabello y ser absorbido [7]. Sin embargo, con el paso del tiempo las moléculas van a salir del cabello mediante la transferencia de masa con el agua usada para lavarse el cabello.

También existe un subtipo llamado demi permanente, este tipo de tinte tiene una mayor duración que el semi permanente. Este tipo de tinte no contiene amoníaco ni otro agente alcalinizador, al igual que el tinte semi permanente. Sin embargo, este tipo de tinte contiene una menor cantidad de peróxido de hidrógeno en comparación al tinte permanente, lo cual hace que esta clase de tinte se diferencie del semi permanente. El tinte demi permanente no tiene la capacidad de aclarar el cabello ni de prevalecer en el cabello por mucho tiempo [7].

2.3.1.3. Tintes Permanentes

El tinte permanente es el tipo de tinte más usado debido a lo longeva que es su estadía en el cabello. A diferencia de los otros tipos de tinte previamente explicados, esta clase de producto no es lavable. El motivo de este fenómeno es que se da a cabo una reacción química en la corteza del cabello entre las moléculas intermediarias iniciales del tinte con el agente oxidante en medio básico. Una vez oxidado el cabello, este reacciona al acoplarse a las anilinas del tinte y se genera una molécula grande. El producto del acoplamiento es el que da

color al cabello teñido. Debido al tamaño final de la molécula resultante, este compuesto ya no puede salir del poro de la corteza del cabello y se queda firmemente adherido [7].

A continuación, la *Figura 11* muestra de manera gráfica la diferencia entre los tintes temporales, semipermanentes y permanentes.

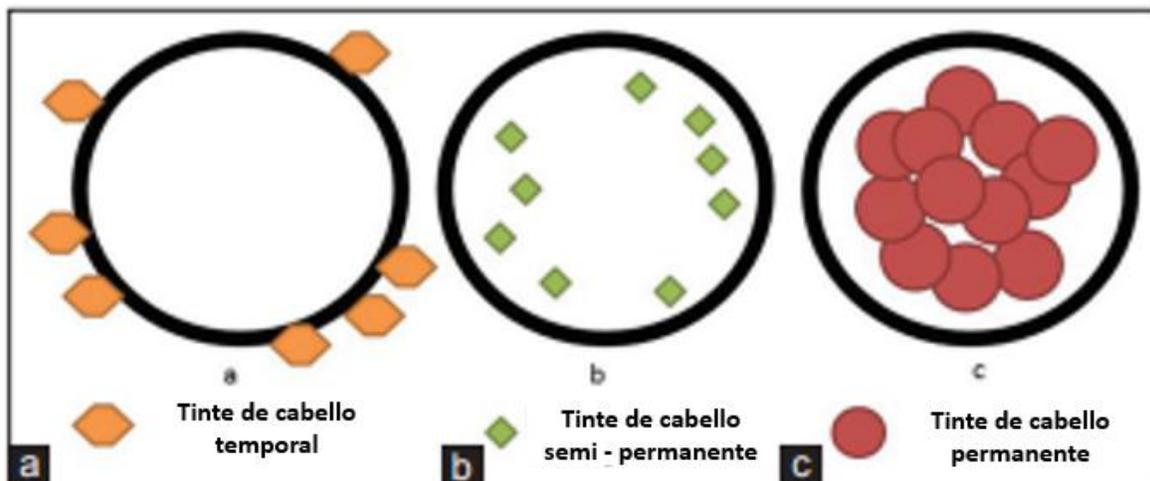


Figura 11: Comparación del mecanismo de acción de los tintes temporales, semipermanentes y permanentes (Adaptado de [7])

2.3.2. Mecanismo de Reacción de los Tintes Oxidantes

El agente oxidante reacciona con la melanina (puede ser eumelanina o feomelanina), el cual es un *para* compuesto aromático. Posteriormente, el compuesto oxidado se acopla con un *meta* componente aromático y vuelve a oxidarse [38]. Este mecanismo de reacción da como producto a los tintes de diversos colores. La *Figura 12* explica gráficamente el mecanismo de reacción de los tintes oxidantes y las *Tabla 1* y la *Figura 13* muestran diversas combinaciones de intermediarios primarios, sus respectivos acopladores y el color obtenido en la reacción.

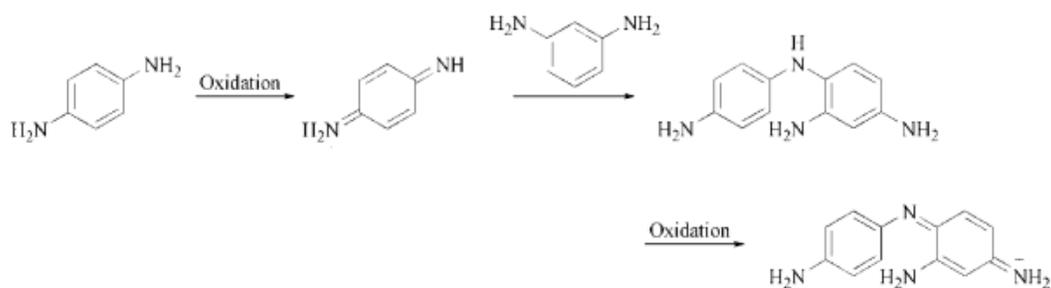


Figura 12: Mecanismo de reacción de la oxidación de la parafenilendiamina y posterior acoplación con la metafenilendiamina [38]

Intermediario primario	Acoplador	Color en el cabello
2,5-Diaminotolueno	m-fenilendiamina	azul
2,5-Diaminotolueno	2,4-diaminofenoxietanol	violeta-azul
2,5-Diaminotolueno	m-aminofenol	magenta-marrón
2,5-Diaminotolueno	5-amino-2-metilfenol	magenta
2,5-Diaminotolueno	1-naftol	púrpura
2,5-Diaminotolueno	resorcinol	marrón verdoso
N, N-Bis - (2-hidroxietyl) - p-fenilendiamida	m-fenilendiamina	verde-azul
N, N-Bis - (2-hidroxietyl) - p-fenilendiamida	2,4-diaminofenoxietanol	verde-azul
N, N-Bis - (2-hidroxietyl) - p-fenilendiamida	m-aminofenol	verde-azul
N, N-Bis - (2-hidroxietyl) - p-fenilendiamida	5-amino-2-metilfenol	violeta-azul
N, N-Bis - (2-hidroxietyl) - p-fenilendiamida	1-naftol	azul
N, N-Bis - (2-hidroxietyl) - p-fenilendiamida	resorcinol	marrón verdoso
4-Amino-3-Metilpirazol	m-fenilendiamina	magenta
4-Amino-3-Metilpirazol	2,4-diaminofenoxietanol	magenta
4-Amino-3-Metilpirazol	m-aminofenol	rojo anaranjado pálido
4-Amino-3-Metilpirazol	5-amino-2-metilfenol	rojo anaranjado
4-Amino-3-Metilpirazol	1-naftol	rojo
4-Amino-3-Metilpirazol	resorcinol	amarillo-gris
4,5-diamino-1-metilpirazol	m-fenilendiamina	magenta-marrón
4,5-diamino-1-metilpirazol	2,4-diaminofenoxietanol	morado-marrón
4,5-diamino-1-metilpirazol	m-aminofenol	naranja brillante rojo
4,5-diamino-1-metilpirazol	5-amino-2-metilfenol	rojo intenso
4,5-diamino-1-metilpirazol	1-naftol	púrpura
4,5-diamino-1-metilpirazol	resorcinol	rojo

Tabla 1: Combinaciones de intermediarios primarios, compuestos acopladores y colores resultantes de la reacción (Adaptado de [38])

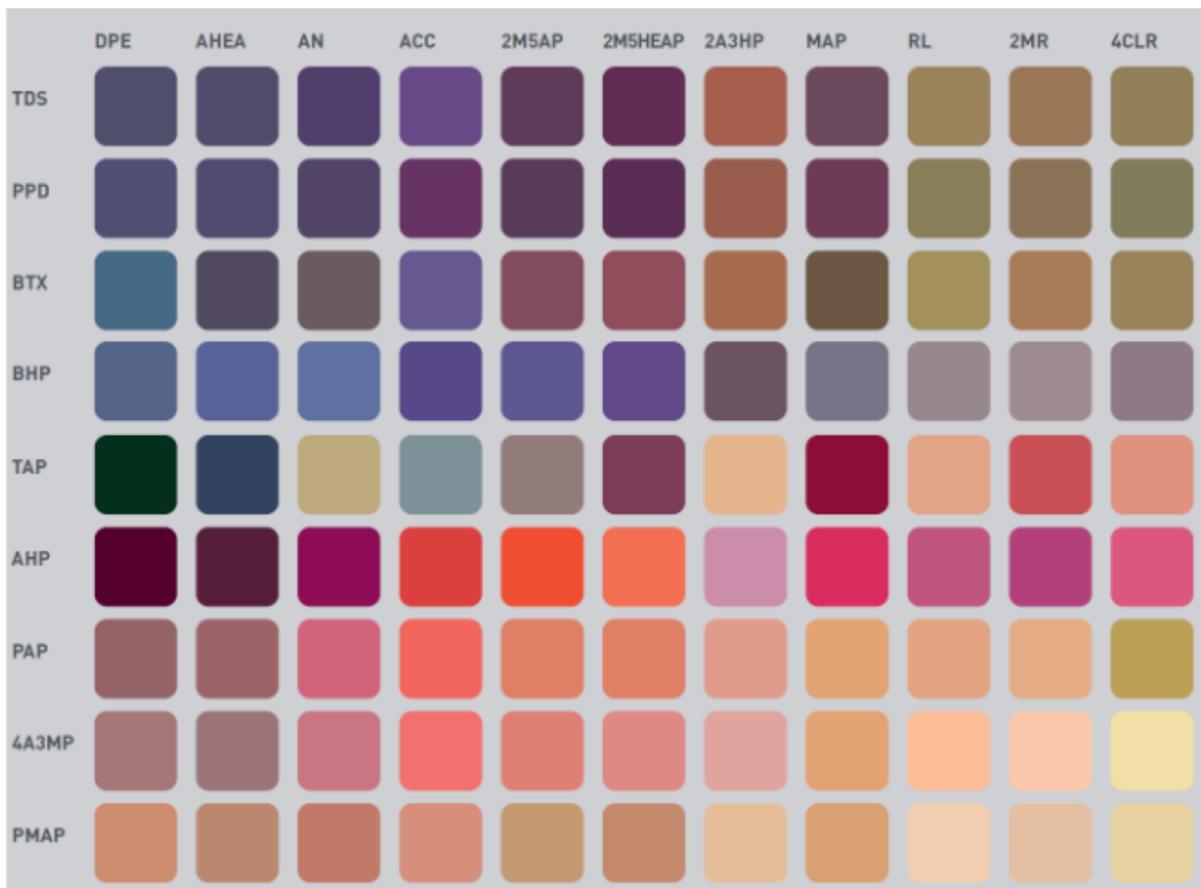


Figura 13: Combinación de diferentes intermediarios primarios (eje X) y compuestos acopladores (eje Y) con sus respectivos colores de resultado [39]

2.3.3. Posibles Sustitutos para el PPD

El PPD se oxida con el peróxido de hidrógeno (o algún otro agente oxidante) y genera quinona-di-imina (QDI) que es un componente cancerígeno [24]. Esta quinona es un intermediario de la reacción de teñido de cabello (ver Figura 12). Este componente se asocia con otro acoplador y se genera el color. El porcentaje de QDI obtenido del conjunto de reacciones de coloración (Figura 12) aumenta después del tiempo recomendado de la aplicación del tinte en el usuario (entre 20 a 30 minutos) ya que la concentración de acopladores disminuye con el tiempo. Según la investigación de Al-Enezi y Aldawsari, el porcentaje de conversión del PPD es el 4%, lo que significa que hay mucho reactante sin

reaccionar y el mecanismo de reacción no es suficiente. Tanto el PPD sin reaccionar, la QDI y otros componentes sin reaccionar, se quitan al enjuagar el cabello una vez terminado el tiempo de teñido [40].

2.3.3.1. Uso de oligómeros derivados del PPD

Estos oligómeros son compuestos de cadenas grandes que se agregan a la molécula del PPD [32]. La finalidad de la síntesis de estas variantes de la para-fenildiamina es la disminución del riesgo de reacciones adversas del PPD, en especial la generación de la QDI. A continuación, la *Figura 14* muestra el proceso de síntesis para la obtención de los oligómeros del PPD.

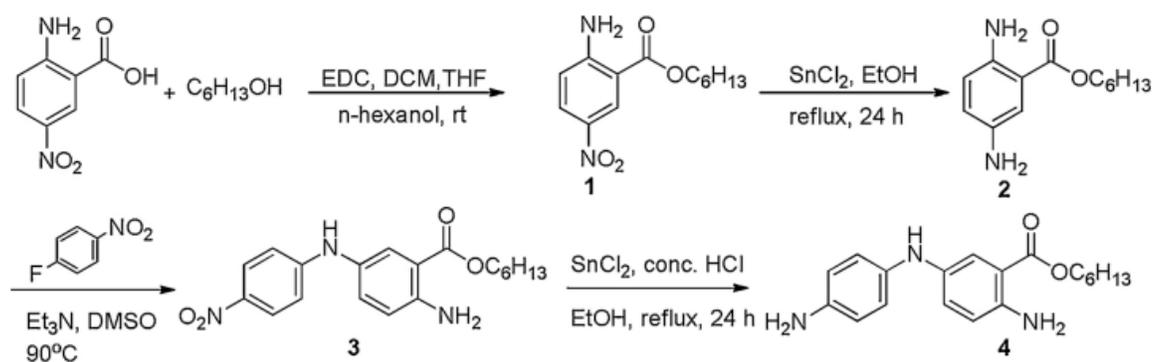


Figura 14: Síntesis del PPD 6 (número 2) y 7 (número 4) a partir del PPD [32]

Con los derivados del PPD se reduce el potencial de sensibilización (irritación en la piel) a 22,0% y 23,8% en comparación con el 55,0% del PPD [32].

2.3.3.2. Sulfato de para-toluenodiamina (PTDS)

También llamado sulfato de 2,5-Diaminotolueno tiene una estructura molecular parecida al PPD. Sin embargo, la probabilidad de reacción alérgica del usuario disminuye en un 57% [41].

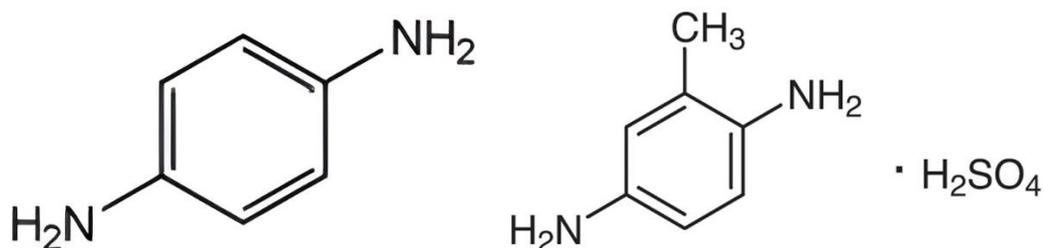


Figura 15: Comparación entre las estructuras moleculares del PPD (izquierda) y del PTDS (derecha) [42]

Otra ventaja que tiene el PTDS es que no es cancerígeno ni mutágeno y su penetración en la piel es menor que el PPD. La concentración máxima permitida de este componente es de 10% del tinte, según la legislación europea [43].

2.3.3.3. Para-Aminofenol (PAP)

También conocido como 4-Aminofenol, es un desarrollador de color que cumple la misma función que el PPD [34].

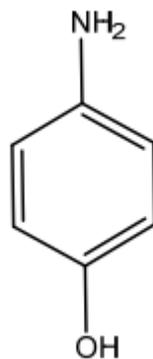


Figura 16: Estructura molecular del para-aminofenol [34]

A diferencia del PPD, este componente no es mutágeno ni cancerígeno. El porcentaje máximo de p-aminofenol permitido según legislación europea es de 1% [44]. Se recomienda

evitar el uso de este compuesto si es que el usuario es sensible con los tatuajes de henna negra [45].

2.3.4. Sistema Internacional de Numeración de Colores

Con la finalidad de dar un orden uniformizado en las tonalidades de color de cabello, se utiliza el sistema internacional de numeración de colores. La codificación consiste de una escala del 1 al 10, donde 1 es el tono más oscuro (negro) y 10 es la tonalidad más clara (rubio extra claro). Esta escala sólo es aplicable a los colores naturales de cabello. La parte entera representa el color base de cabello y la parte decimal del código de color representante los tonos de reflejo del color, estos tonos pueden ser fríos o cálidos [46]. La codificación del tono se expresa de la siguiente manera:

10.31

Donde:

10 → Rubio Extra Claro

.1 → Tono Cenizo

.3 → Tono Dorado

A continuación, en las *Figuras 17; 18 y 19* se van a mostrar los colores y tonalidades naturales del cabello.



Figura 17: Colores base de cabello [46]



Figura 18: Tonalidades y/o reflejos fríos del color de cabello [46]



Figura 19: Tonalidades y/o reflejos cálidos del color del cabello [46]

2.4. Efecto Perjudicial del Amoniac y Posibles Sustitutos

El cabello humano tiene un pH entre 4,5 y 5,5 [25]. Para poder efectuar un cambio de color permanente, se necesita un pH básico. El agente alcalino para poder realizar esta labor es el amoniac (entre 0,1% y 15,0% de la masa del tinte) [32] y se encarga de elevar el pH del cabello entre 10,0 y 10,5 [25].

2.4.2. Efectos negativos del amoniac en la piel y el cabello

El efecto adverso del amoniac es el olor punzante característico de este compuesto químico, puede irritar el tejido humano, en algunos casos vuelve frágil al cabello, lo cual se desenvuelve en el cabello seco y daña a los aminoácidos que producen la melanina, que es el pigmento natural del cabello [47].

2.4.3. Sustitutos del Amoniac

La función que tiene el amoniac / hidróxido de amonio en el tinte es la capacidad de elevar el pH del cabello. Se menciona también el hidróxido de amonio ya que es el producto de una reacción reversible con el agua. Para ello el compuesto que va a reemplazar el amoniac debe ser un compuesto alcalino, ya que la reacción de teñido se da en medio básico [7].

2.4.3.1. Monoetanolamina

El componente que reemplaza al amoníaco como agente alcalino es la monoetanolamina (MEA) [25]. Este compuesto es un líquido (a diferencia del amoníaco, que a condiciones estándar es un gas disuelto en agua, conocido también hidróxido de amonio) y es menos corrosivo que el amoníaco [48]. Sin embargo, no tienen la misma eficiencia que el amoníaco y se le agrega etanol para poder potenciarlo [17]. El tamaño de molécula es mayor que el amoníaco, por lo tanto, su penetración en el cabello será menos eficiente que el amoníaco [49]. La cantidad de MEA a incluir en el tinte es un 6% más respecto a lo que se agregaba de amoníaco. Una desventaja es que la MEA puede seguir oxidando al cabello y se requiere lavar el cabello para poder eliminarlo una vez terminada la coloración [25].

2.4.3.2. Aminometil Propanol

Otro posible sustituto del amoníaco y la MEA es el aminometil propanol, sin embargo, las propiedades y efectos adversos de este componente son similares a la MEA [31]. Otra opción para tener un buen agente alcalino según [48] es realizar una mezcla de Amoníaco y MEA. Esto permite que haya una eficiencia mayor, pero con menor probabilidad de efectos nocivos en la piel.

2.4.3.3. Aminometil Propanediol

Otra alternativa al amoníaco es la solución acuosa de Aminometil Propanediol (AMPD). Este componente es un agente alcalinizante que es capaz de humedecer y permear al cabello. Además, no tiene olor punzante ya que está disuelto en agua y genera menores porosidades en el cabello en comparación del amoníaco. La apariencia del AMPD es transparente y aparte de ser un agente alcalinizante y es sencillo de quitarlo del cabello una vez terminada la decoloración [50]. Otra ventaja del AMPD es que potencia a la decoloración proporcionada por el agente oxidante. En comparación a la solución de amoníaco, se consigue una mayor decoloración de cabello con el AMPD [47].

2.5. Función del Peróxido de Hidrógeno y Posibles Sustitutos

El peróxido de hidrógeno cumple la función de decolorar el cabello. Dependiendo de la concentración en volumen del agua oxigenada, esta crema o solución acuosa de H_2O_2 puede aclarar varios niveles de color de cabello. La reacción es la oxidación de la melanina del cabello (ver *Figura 20*). El agua oxigenada se encarga de reaccionar con la eumelanina (pigmento negro y marrón del cabello) o con la feomelanina (pigmento rubio o rojizo) [7], siendo más frecuente la reacción con la eumelanina porque es más abundante en el cabello. Los gránulos de melanina del cabello se disuelven completamente y dejan espacios en el cabello donde luego entran los pigmentos del tinte. El persulfato de sodio y el carbonato de sodio se usan como potenciadores de la actividad oxidativa del peróxido de hidrógeno [26].

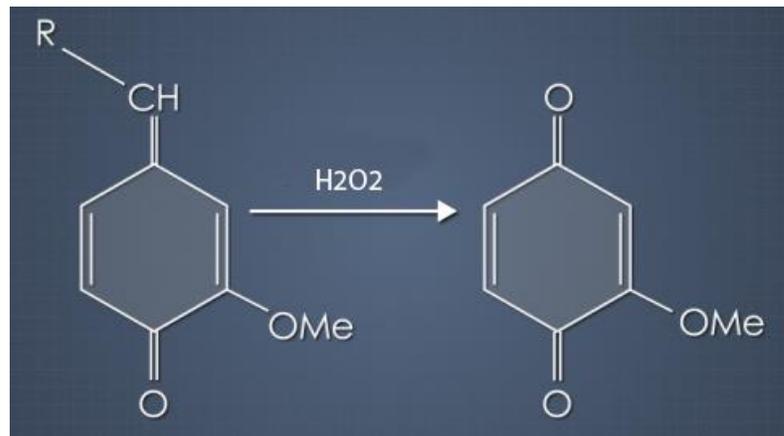


Figura 20: Mecanismo de reacción de la oxidación de la melanina [51]

La concentración de peróxido de hidrógeno en los tintes afecta qué tanto el cabello se va a aclarar luego de aplicar el producto [7].

Concentración (% volumen)	Uso
10	Oscurece el cabello sin cambiar el nivel de color.

20	Aclara el cabello hasta 2 niveles.
30	Aclara el cabello hasta 3 niveles.

Tabla 2: Concentración del peróxido de hidrógeno en el decolorante y su respectivo uso [7]

2.5.1. Efectos perjudiciales del peróxido de hidrógeno

El peróxido de hidrógeno puede causar irritación en la piel. Otra desventaja del agua oxigenada en los decolorantes es que reseca el cabello y genera horquillas al final del cabello [26]. El peróxido de hidrógeno en combinación con la MEA puede ocasionar la caída del cabello [52].

2.5.2. Compuestos que puedan reemplazar al peróxido de hidrógeno

La función que tiene el peróxido de oxígeno en el decolorante es la capacidad de oxidar la melanina del cabello (decoloración). Para ello el compuesto que va a reemplazar el agua oxigenada debe ser un compuesto peróxido, caracterizado por tener el grupo funcional peroxo -O-O- [53].

2.5.2.1. Peróxidos Orgánicos (Ácidos Peroxicarboxílicos)

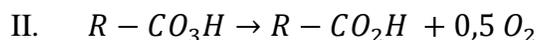
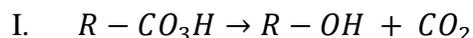


Figura 21: Estructura molecular de un ácido peroxicarboxílico [54]

Los ácidos peroxicarboxílicos son compuestos orgánicos derivados del agua oxigenada y ácidos carboxílicos. Su terminal característico es el C(=O)-O-OH [47]. La cantidad recomendable del uso del ácido peroxicarboxílico es entre 0,3% y 3,0% de la composición en masa del producto [54]. Se puede complementar con otros peróxidos

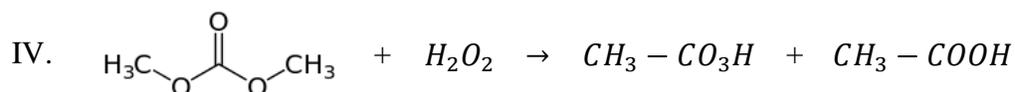
orgánicos como el peróxido de urea y el peróxido de melamina. En caso se agreguen estos compuestos adicionales, debe ser entre 0,2% y 1,0% del total del decolorante [54].

Estos compuestos son solubles en agua cuando su cadena es corta (de 2 a 5 carbonos en su estructura molecular). Son ácidos débiles y se descomponen de dos formas [53]:



Al estar disueltos en agua y de proporciones pequeñas, esto no produciría daños en el cuero cabelludo ni en la cutícula del cabello. De los ácidos peroxicarboxílicos, el más adecuado de usar es el ácido peroxiacético. Esta sustancia es soluble en agua, tiene un contenido activo de oxígeno de 21,1 % (mayor a los demás compuestos de su tipo, exceptuando el ácido peroxifórmico). Su pK_a es el más alto de su grupo con 8,2 (ácido débil) [53].

Para poder generar ácido peracético, se puede hacer a partir de la reacción en equilibrio del ácido acético con el peróxido de hidrógeno o mediante el dimetil carbonato y agua oxigenada [53].



La ventaja de usar el ácido peracético es la reacción de equilibrio que genera ácido acético, ya que puede amortiguar la oxidación y disminuir el impacto del agua oxigenada.

2.5.2.2. Zumo de limón

El zumo de limón tiene un mejor funcionamiento en cabello castaño y rubio debido a que hay una menor cantidad de melanina en las tonalidades claras [7].

El ácido ascórbico es uno de los componentes del zumo de limón. Este compuesto es un agente reductor [55] y realiza la decoloración de cabello por reducción. Sin embargo, la desventaja de un decolorante por reducción es que es una reacción reversible y con el tiempo, la melanina vuelve a aparecer en el cabello. El uso de la Vitamina C como decolorante es adecuado para los tintes semi permanentes.

Respecto al ácido cítrico, este componente es un antioxidante [56]. Este compuesto va a reaccionar inmediatamente con un peróxido y no permitirá la oxidación del cabello. Así como el ácido ascórbico, aporta con la decoloración del cabello por reducción. Además, que no es lo suficientemente fuerte como para poder aclarar el cabello de forma significativa.

Tanto el ácido ascórbico y el ácido cítrico son ácidos polipróticos, debido a que tienen más de un átomo de hidrógeno que es ionizable [57]. La *Tabla 3* presenta los pK_a y las reacciones ácido-base de los ácidos en mención y las *Figuras 22 y 23* muestran el mecanismo de reacción de los compuestos nombrados.

Reactivos	Fórmula	Reacciones ácido-base y Redox	
Ácido Cítrico	$C_6H_8O_7$	$AH_3 \rightarrow AH_2^- + H^+$	$pK_{a_1} = 3,15$
		$AH_2^- \rightarrow AH^{2-} + H^+$	$pK_{a_2} = 4,77$
		$AH^{2-} \rightarrow A^{3-} + H^+$	$pK_{a_3} = 6,40$
Ácido Ascórbico	$C_6H_8O_6$	$BH_2 \rightarrow BH^- + H^+$	$pK_{a_1} = 4,10$
		$BH^- \rightarrow B^{2-} + H^+$	$pK_{a_2} = 11,40$
		$C_6H_8O_6 \rightarrow C_6H_6O_6 + 2H^+ + 2e^-$	$E^* = 0,39 V$
		$C_6H_6O_6$: Ácido Deshidroascórbico	

Tabla 3: Valores de pK_a y reacciones ácido-base del ácido ascórbico y del ácido cítrico (Adaptado de [58])

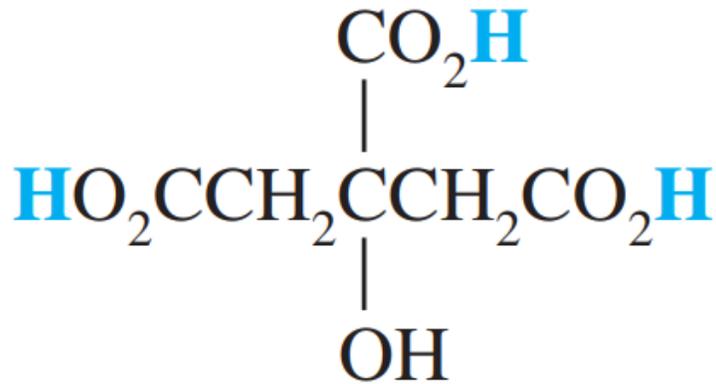


Figura 22: Átomos de hidrógeno ionizables en el ácido cítrico [59]

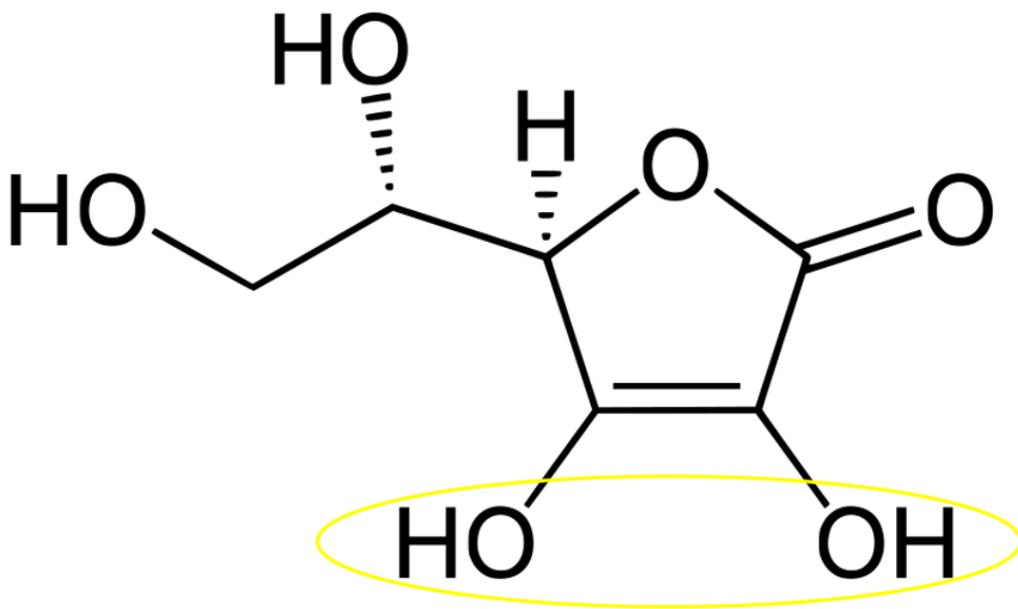


Figura 23: Átomos de hidrógeno ionizables en el ácido ascórbico [60]

2.5.2.3. Zumo de Camu Camu

El camu camu es un fruto de la Amazonía peruana y puede funcionar como un componente que pueda sustituir al zumo de limón. El motivo de reemplazar el zumo de limón es para no competir con la industria alimentaria, ya que es un producto de primera necesidad.

A continuación, en la *Tabla 4* se van a comparar las cantidades de ácido ascórbico y de ácido cítrico del limón y del camu camu.

	Limón	Camu Camu
Ácido Ascórbico [g/kg]	0,291	9,390
Ácido Cítrico [g/kg]	48,678	29,820
pH del zumo	2,300	2,710 ± 0,012

Tabla 4: Contenido de ácido ascórbico y de ácido cítrico en el limón y el camu camu [61] [62] [63] [64] [65]

2.6. Aditivos

Los estabilizadores evitan que las otras sustancias del producto no reaccionen entre sí antes de ser usado. El tipo de estabilizador que se usa en el tinte de cabello es el antioxidante, entre ellos está el ácido ascórbico, el ácido cítrico y el ácido láctico [7].

Para poder tener al tinte y al decolorante en forma de crema se pueden usar proteínas hidrolizadas y/o ceras [66]. También se le agrega propilenglicol para evitar que los tintes se sequen y ácido láurico para facilitar la emulsificar la mezcla. La adición de ácido oleico ayuda con la hidratación del cabello, lo cual es complementario del paquete de cambio de coloración de cabello (decolorante y tinte) [67]. Un aceite natural que se suele utilizar para productos capilares es el aceite de coco, que cuenta tanto con ácido oleico y ácido láurico, siendo el segundo su componente más abundante. La composición del aceite de coco (en porcentaje de masa) está expresada en la *Tabla 5*.

Ácido graso	Composición	Codex estándar para aceite de coco RBD, Codex, 2015	Estándar para *APCC *ACV	Estándar para Malasia de ACV	Marina et al., 2009	Dia, Garcia, Mabesa, & Tecson-Mendoza, 2005	Rajamohan & Archana, 2019
Ácido Caprílico	C8:0	4,6-10	5,0-10,0	8,0-9,0	7,19-8,81	5,98-10,44	8,05
Ácido Cáprico	C10:0	5,0-8,0	4,5-8,0	5,0-7,0	5,65-6,59	5,37-6,60	5,42
Ácido Láurico	C12:0	45,1-53,2	43,0-53,0	47,0-50,0	46,89-48,03	47,63-52,55	45,51
Ácido Mirístico	C14:0	16,8-21,0	16,0-21,0	17,0-18,5	16,23-18,90	16,79-20,08	19,74
Ácido Palmítico	C16:0	7,5-10,2	7,5-10,0	7,5-9,5	7,41-9,55	6,38-10,17	7,83
Ácido Estéarico	C18:0	2,0-4,0	2,0-4,0	2,5-3,5	2,81-3,57	7,45-10,73	3,14
Ácido Oleico	C18:1	5,0-10,0	5,0-10,0	4,5-6,0	5,72-6,72	-	4,7
Ácido Linoleico	C18:2	1,0-2,5	1,0-2,5	0,7-1,5	0,90-1,60	nd-0,12	1,88
Ácido Araquídico	C20:0	-	-	-	-	-	0,086

* APCC: Comunidad de Coco de Asia y el Pacífico

*ACV: Aceite de coco virgen

Tabla 5: Porcentajes máxicos de ácidos grasos presentes en el aceite de coco [68]

Es importante mencionar que en la *Tabla 5*, el RBD es acrónimo de *Refinado, blanqueado, desodorizado* y CODEX son las normas internacionales de calidad de alimentos establecida por la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) [69] [70].

Para evitar la descomposición del agente oxidante, se pueden aplicar boratos de sodio, boratos de potasio, el pirofosfato de sodio [54] y el estanato de sodio [67].

2.7. Variables que generan resequedad en el cabello

La sequedad capilar es una alteración en el cabello debido a una insuficiente presencia de grasa en la superficie capilar [71]. La sequedad capilar, coloquialmente conocido como resequedad del cabello, es un daño que generan los tintes de cabello convencionales. A partir de ello, se ha realizado un análisis sobre los componentes que generan sequedad capilar, la

Tabla 6 compara los insumos a reemplazar y sus reemplazantes respecto a los daños que puedan ocasionar al cabello y/o al cuero cabelludo.

Componente	Efecto Adverso
Amoniaco	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Fragilidad del cabello ❖ Dermatitis en el cuero cabelludo
Monoetanolamina	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Más difícil de lavar que el amoniaco/hidróxido de amonio ❖ En combinación con el peróxido de hidrógeno ocasiona la caída de cabello
Peróxido de Hidrógeno	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Irritación en la piel ❖ Quemaduras leves ❖ Horquillas ❖ Caída de cabello si se combina con la MEA.
Ácido Peracético	-
PPD	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Ampollas ❖ Manchas oscuras ❖ Cáncer
PPD 6 y 7	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Entre 7 y 8 veces menos citotóxico (capacidad de destruir células) que el PPD

Tabla 6: Efectos adversos de los insumos que componen a los tintes de cabello [25] [26] [32] [47] [52] [72]

2.8. Análisis económico del diseño de proceso

Según Towler [12], el análisis económico en el diseño de un proceso debe contar con la estimación del costo capital (CAPEX), costos operativos (OPEX), flujo de caja y análisis de sensibilidad.

El costo de capital es la cifra de dinero que se necesita para implementar el proyecto en la realidad. A corto plazo estos costos son montos grandes a invertir, pero a largo plazo se generan activos y benefician a la empresa.

Los costos operativos son los gastos que se realizan constantemente durante la gestión del proyecto, entre ellos están los sueldos, suministros, entre otros. Estos gastos se contabilizan en los egresos de dinero mensuales/anuales (dependiendo del plazo asignado para analizar) [73].

Acorde a la definición de la escuela española de negocios digitales y leyes ESERP, el flujo de caja permite visualizar los ingresos y egresos de dinero de la empresa y permite determinar si el negocio es rentable, si se generan pérdidas o si se pueden conseguir más ganancias respecto a periodos anteriores [74]. El análisis de sensibilidad permite poner a prueba la robustez del proyecto frente a incertidumbres en la viabilidad del proyecto [12].

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

El tipo de investigación realizada es de forma conceptual, que deja la información necesaria para poder ser aplicado. El enfoque del trabajo de investigación es mixto, tanto cuantitativo como cualitativo. Es cuantitativo porque establece cantidades de insumos y energía necesarios para el proceso, así como se desea conocer la rentabilidad del producto final. Por otro lado, es cualitativo porque se quiere seleccionar la materia prima a usar para el decolorante y tinte de cabello basado en las preferencias de color e intensidad, también en la frecuencia de uso ya que cada usuario espera una distinta cantidad de tiempo para volver a teñirse el cabello.

3.1. Análisis Referencial de Mercado

Inicialmente, se llevó a cabo un análisis referencial de mercado a través de una encuesta con 38 participantes, tanto hombres como mujeres. La cantidad de personas fue recopilada mediante la plataforma de encuestas de Google Forums. Los encuestados tenían nacionalidad peruana, estadounidense o rusa. La diversidad de nacionalidades permite apreciar diferentes perspectivas que se tienen sobre los tintes de cabello. Mediante las respuestas de los encuestados se pudieron saber los siguientes aspectos:

- ❖ Color natural del consumidor
- ❖ Tono y matiz deseado por el usuario
- ❖ Frecuencia del uso del producto
- ❖ La inversión que el cliente está dispuesto a realizar
- ❖ Público objetivo: rango de edad del comprador (jóvenes y adultos)

Gracias a este primer análisis referencial se pueden definir los componentes del tinte en base a las preferencias del usuario. Al saber el tono natural del consumidor, se puede determinar el tipo del decolorante. El tono y matiz deseado nos permite saber la cantidad y

composición de insumos en el producto. La frecuencia de uso va a dar una noción sobre el volumen de producción a realizar. Al conocer la inversión que el cliente está dispuesto a realizar, permite conocer el límite máximo del precio asignado al producto final. El rango de edades va a influir en la publicidad que tendría el producto para poder llegar al público objetivo.

Posteriormente, se realizó una segunda encuesta de 163 personas, tanto hombres como mujeres, con preguntas más específicas y diferentes escenarios. El público encuestado es mayor de edad, reside en Lima y la cantidad de personas fue recopilada mediante la plataforma de encuestas de Google Forums. La cantidad de encuestados se calculó considerando el 26,33 % respecto a un estudio de mercado realizado por la empresa CPI en el 2012. La empresa CPI entrevistó a 619 mujeres acerca su uso de tintes de cabello [75] [76].

La finalidad del planteo de escenarios en el segundo análisis de mercado es para entender diferentes puntos de vista de consumidores y así obtener una imagen más completa de las expectativas que tenga la demanda en Lima Metropolitana. Los escenarios planteados son los siguientes:

- ❖ El consumidor actualmente se tiñe el cabello.
- ❖ El consumidor actualmente no se tiñe el cabello.
- ❖ El consumidor solía teñirse el cabello.
 - Además, volvería a hacerlo en algún momento
 - No volvería a teñirse el cabello
- ❖ El consumidor está interesado en teñirse el cabello (primera vez)

3.2. Selección de Materia Prima

En base a lo explicado en el fundamento teórico, se decidió usar monoetanolamina (MEA) como alcalinizador [7] [25] [48] y ácido peracético como agente oxidante [47] [54] [53].

A partir de los resultados obtenidos sobre las preferencias del consumidor, en base a ello se van a seleccionar los insumos necesarios para desarrollar el color con la finalidad de obtener el tono deseado por el cliente. También se ha conocido el color natural de cabello más frecuente en el usuario, gracias a eso se puede determinar la concentración del agente oxidante en el revelador.

Se van a agregar aditivos para poder lograr una consistencia cremosa (propilenglicol, aceite de coco), otros para adicionar proteínas con la finalidad de fortalecer el cabello (maca y cañihua) tanto en el decolorante como en el tinte. Asimismo, se requieren estabilizadores para que el pH del cosmético no se altere antes de que sea puesto en el cabello. Cabe resaltar que los insumos que se van a seleccionar no deben ser de consumo masivo [77].

3.3. Variables de Operación y Control

Los parámetros de proceso que se van a controlar son el pH y la temperatura. El pH designado para el revelador y el tinte oscila debe oscilar entre 9 y 11 [78]. Para verificar el pH del producto, se tendrían que hacer pruebas de laboratorio respectivas. A continuación, la *Figura 24* muestra un esquema del pH de los tipos de tinte.

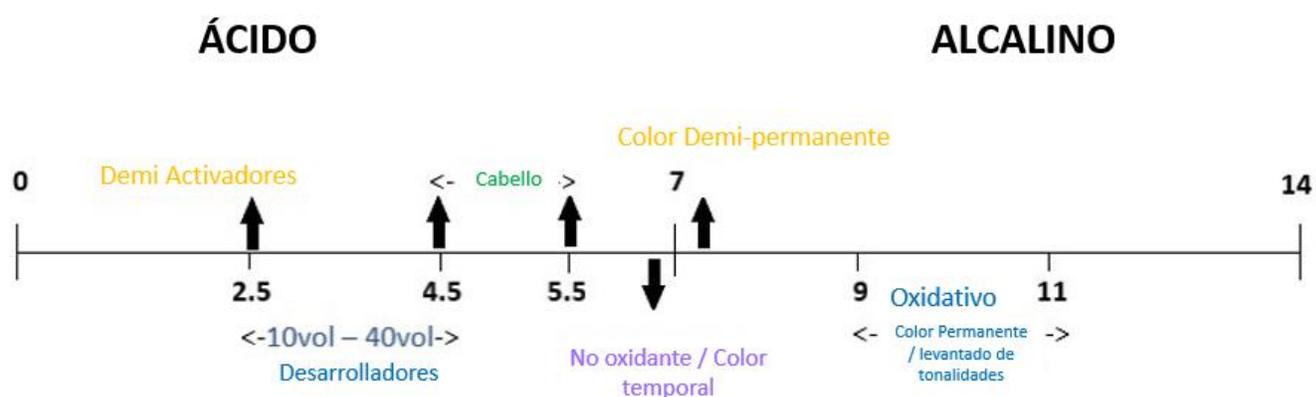


Figura 24: pH de los tipos de tinte [78]

Por otro lado, se necesita tener un control de la temperatura para poder realizar la mezcla de componentes de forma adecuada. La temperatura de operación es de 75°C [79] para la manufactura del decolorante y para el primer mezclado del tinte. Para agregar los aditivos del tinte (segundo mezclado), el tanque va a operar a 40°C [15]. El sensor que se va a usar para medir la temperatura es la termocupla PT-100. El motivo del uso de este sensor es porque son robustos (hechos de titanio), fáciles de instalar, y sus cables vienen con unos terminales que se enganchan al PLC y tienen una capacidad de lectura de 1 millón de mediciones [80].

Adicionalmente, también se va a incluir un control de nivel para verificar el llenado de los mezcladores y evitar el rebalse en esta etapa del proceso. El tipo de sensor de nivel a usar es el de ultrasonido sin contacto. La razón de la elección de este dispositivo es porque son precisos (precisión de ± 1 mm [81]) y duraderos (hechos de acero inoxidable) [80].

3.4. Balances de Materia y Energía

El corazón para ambas manufacturas (revelador o decolorante y el tinte) es el mezclado de componentes a 75 °C. Ambos procesos son por separado, ya que son 2 productos diferentes en un paquete de cambio de coloración de cabello. Se ha tomado referencia una caja de L'Oreal Paris Excellence Coloración Crème Triple Protección, Tono 02 Rubio Ultra Claro Dorado (Tono de color de cabello superior a 10) para saber el contenido de revelador y de tinte, los cuales son de aproximadamente 75 mL y 50 mL respectivamente. A partir de la información dada por el volumen del tinte comercial [82], se va a plantear una producción inicial de 1000 tintes. Lo cual se está dejando como objetivo producir lotes de 1000 cajas de productos de cambio de coloración de cabello, que involucran fabricar 75 L de decolorante y 50 L de tinte.

La operación unitaria utilizada en el proceso es el mezclado. Se va a dar el mezclado de componentes para formar la fase acuosa, la fase oleosa y la emulsión final (crema).

En el balance de energía, se va a calcular la cantidad de agua necesaria para enfriar o calentar la mezcla de componentes. Para el cálculo del balance de energía, se optó en considerar los calores específicos de los componentes que tienen disponibles sus datos sobre las propiedades térmicas, sea por bibliografía o mediante el simulador de procesos ProMax. Estos compuestos son:

- ❖ Agua Destilada
- ❖ Etanol
- ❖ Propilenglicol
- ❖ Aceite de Coco
- ❖ Ácido Peracético
- ❖ Monoetanolamina
- ❖ Resorcinol

En ProMax se utilizó el paquete termodinámico NRTL-SRK para hallar la data termodinámica necesaria. La elección de este paquete termodinámico es porque trabaja con compuestos polares líquidos y coeficientes de actividad [83]. Como el nombre del paquete lo dice, *Non Random Two Liquids*, se ajusta a componentes cuyas estructuras moleculares no son similares [84].

3.5. Dimensionamiento de equipos y planteo de sistemas complementarios

Para poder diseñar un proceso químico, se deben conocer las dimensiones de los equipos a utilizar [12]. Se ha realizado el dimensionamiento de los 6 tanques mezcladores de la manufactura de productos de cambio de coloración de cabello. Para ello se calcularon los volúmenes, diámetros y alturas de cada uno, así como también se hallaron los coeficientes de transferencia de calor de las chaquetas térmicas y de los serpentines de enfriamiento. Cabe resaltar que sólo los mezcladores de emulsión van a contar con serpentín de enfriamiento.

Para el planteo de los sistemas de calentamiento y enfriamiento utilizó el software de simulación de procesos químicos ProMax. Mediante el software se va a hallar el consumo de energía de bombas y compresores.

3.6. Planificación de Manufactura

El plan de operación es muy importante para el proceso, ya que permite organizarse en la manufactura de cualquier producto. En este caso, se va a calcular lo que tarda en fabricar 1000 cajas de productos de cambio de coloración de cabello (tinte y decolorante). Para esto se consideran los siguientes tiempos:

- ❖ Tiempo de llenado de cada mezclador (tinte y decolorante)
- ❖ Tiempo de calentamiento y mezclado
- ❖ Vaciado de tanque
- ❖ Limpieza de mezclador
- ❖ Llenado de botellas (tinte y decolorante)
- ❖ Empaquetado

Se debe considerar que el tiempo de producción va a depender del proceso que tome más tiempo en realizar (decolorante o tinte), a eso se le agrega el tiempo de empaquetado. A continuación, la *Figura 25* va a mostrar un esquema de la manufactura del producto final.

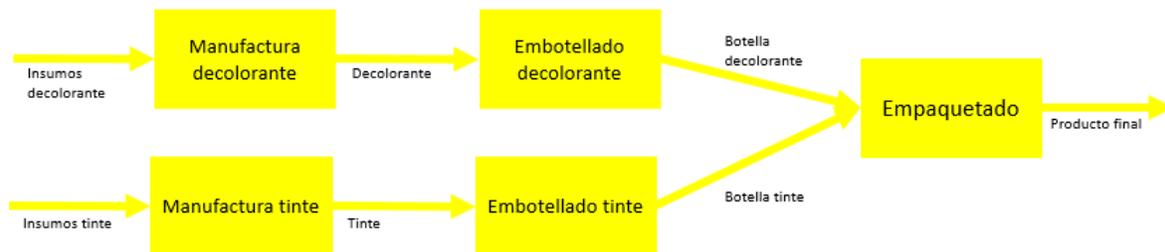


Figura 25: Esquema general de manufactura de las cajas de cambio de coloración de cabello

3.7. Análisis Económico

El análisis económico a realizar va a estar dividido en CAPEX (costos de capital) y OPEX (costos operativos) y el Flujo de Caja. Hallar estos valores permite conocer la cantidad de dinero necesaria para implementar el proyecto (CAPEX), los costos que serán constantes durante el funcionamiento del proceso (OPEX) y el comportamiento de ingresos y egresos de dinero en el tiempo (flujo de caja) [12].

3.7.1. CAPEX y OPEX

CAPEX

- ❖ FCI (Inversión de Capital Fijo)
 - Costo de Equipos
 - Equipos Principales
 - Equipos para el ciclo de refrigeración
 - Costos Directos
 - Instalación y Pintado
 - Control e Instrumentación
 - Tuberías
 - Sistemas Eléctricos
 - Terreno
 - Costos Indirectos
 - Licencia de Operación
 - Compra de Local
 - Transporte de Productos
 - Costo de Contingencia
- ❖ WC (Capital de Trabajo)
 - Porcentaje del CAPEX

OPEX

- ❖ Costos Variables
 - Materia Prima
 - Utilidades
 - Agua

- Luz
- Anticongelante
- Refrigerante
- Mano de Obra
- ❖ Costos Fijos
 - Seguros e Impuestos
 - Mantenimiento

3.7.2. Flujo de Caja

A partir de los valores hallados del CAPEX, OPEX y el precio unitario de la caja de tinte de cabello, se realizó el flujo de caja del proceso. Este análisis ha permitido observar la viabilidad del proyecto y en cuánto tiempo se va a recuperar la inversión inicial. También se ha realizado el análisis de sensibilidad, lo cual permitió conocer la viabilidad del proyecto, a su vez se han revisado escenarios que pusieron a prueba la robustez del proyecto. Adicionalmente se evaluó la optimización de costos de materia prima y su influencia en los ingresos y egresos monetarios del proceso diseñado.

3.8. Almacenaje y seguridad

Se ha revisado el tiempo de vida de los insumos de mayor precio y las condiciones de almacenaje con la finalidad de darles una rotación inventario adecuada y ser aprovechados para la manufactura del tinte y decolorante, así como también asegurar la calidad del producto.

Por otro lado, es esencial que se realice un análisis de seguridad del proceso para poder prevenir accidentes en planta y garantizar la seguridad de los trabajadores de la empresa.

3.9. Sostenibilidad

Un valor agregado que tiene el producto es la sostenibilidad. Este parámetro se define mediante indicadores que evalúan la manufactura del producto y además que tenga un bajo impacto ambiental y sea rentable.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

En este capítulo se van a mostrar los resultados obtenidos de la investigación sobre los tintes orgánicos permanentes de cabello de origen vegetal. Se ha dado el enfoque al color de cabello para desarrollar y profundizar la investigación, se ha determinado la composición del decolorante y del tinte, se definieron las condiciones y consideraciones del proceso, se realizaron los balances de materia y energía respectivos, se han incluido los costos de los insumos, maquinaria y de los servicios para la producción del paquete de cambio de coloración de cabello. También se ha puesto el precio a la que se vendería el producto terminado.

4.1. Análisis Referencial de Mercado

Para poder saber la perspectiva del público objetivo (habitantes de Lima, Perú) respecto al producto final, se han realizado 2 encuestas. La primera es para sentar bases, como definir el color final, color de origen, conocer la finalidad de uso del tinte de cabello, rango de edad de los encuestados y el dinero que el usuario está dispuesto a invertir en el producto. En la primera encuesta se entrevistaron a 36 personas. La segunda encuesta tuvo como finalidad de confirmar los resultados de la primera. La cantidad de personas encuestadas eran 163. Las preguntas fueron más específicas y se plantearon escenarios para comprender los diferentes puntos de vista que pueda tener el consumidor y obtener una imagen más completa de las expectativas que tenga la demanda en Lima Metropolitana.

Con las encuestas, se pudo definir que el color inicial es marrón, también que el monto que el público está dispuesto a invertir por el tinte es 70 soles. Esta cifra se ha planteado como un precio máximo de venta, ya que el precio a plantear debe ser similar a lo que se ofrece para los tintes convencionales. El color deseado por el público es el rubio (según la

primera encuesta) y el castaño (según la segunda encuesta). Entonces, se decidió en producir un tinte rubio de nivel 8 (basado en la escala internacional de color, mostrado en la *Figura 17*). En el *Anexo 1* se pueden ver más detalles de las cifras obtenidas por las encuestas.

Según un estudio de mercado de la empresa CPI en el 2012 [75] [76], la frecuencia de uso de los tintes de cabello es mensual para el 66,5% de los limeños encuestados y cada 2 meses para el 33,5% complementario. Tomar en cuenta que el público encuestado eran sólo mujeres. En referencia al estudio de mercado de CPI, la *Figura 26* muestra la frecuencia de encontrar los productos de cambios de coloración de cabello y la *Figura 27* muestra las marcas más comunes en Lima Metropolitana, con la finalidad de identificar los lugares mayormente visitados para conseguir el producto de interés y la marca de preferencia.

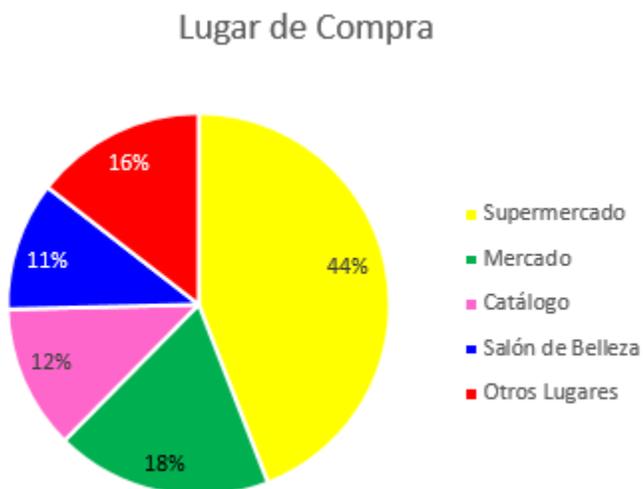


Figura 26: Lugares donde se pueden encontrar tintes de cabello [75]

Marcas Principales

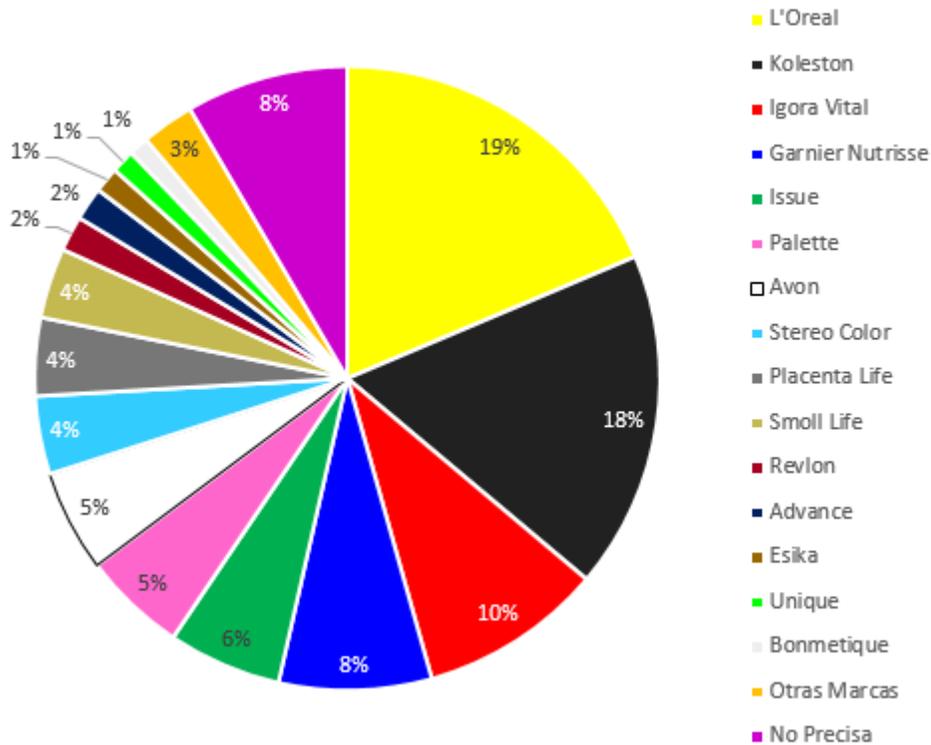


Figura 27: Marcas comunes de tintes de cabello [76]

*El orden de la leyenda va en sentido horario

Se han comparado los precios de los tintes permanentes y comerciales con diversos supermercados, farmacias y la marca de tintes vegetales Fátima (tintes demi permanentes). La *Tabla 7* muestra los precios del tinte más caro de cada tienda.

Tienda	Precio por unidad [S/.]
Wong [85]	31,00
Metro [86]	31,00
Plaza Vea [87]	31,00

Tottus [88]	31,00
Vivanda [89]	37,30
Fátima (tono rubio) [90]	45,00
Inkafarma [91]	33,00
Mifarma [92]	34,00

Tabla 7: Precios del tinte más caro en diferentes establecimientos

En comparación con los montos que el público encuestado ofrece invertir, se tiene un rango amplio entre el precio de un tinte regular (alrededor de los 37 soles) y el tinte que se plantea producir (precio máximo de 70 soles según la encuesta).

4.2. Selección de Materia Prima

Tomando como base a los datos de las fuentes bibliográficas, se decidió usar monoetanolamina (MEA) como alcalinizador debido a que tiene un olor menos punzante que el amoniaco, además está en fase líquida a temperatura ambiente y presión atmosférica [17] [25] [48]. Por otro lado, se tomó la decisión de utilizar al ácido peracético como agente oxidante ya que se evita la combinación de agua oxigenada con MEA, es menos dañino que el agua oxigenada, además que su descomposición en ácido acético permite una mayor facilidad de remover el decolorante después del tiempo de decolorado de cabello [47] [52] [54] [53].

Los componentes que se van a utilizar como aditivos son el zumo de camu camu ya que provee el ácido ascórbico y el ácido cítrico en mayores proporciones que el limón [61] [62] [63] y además que no es muy usado en la industria alimentaria. El propilenglicol se usa para evitar que el tinte se seque [67]. La elección del aceite de coco es por sus propiedades beneficiosas para el cabello como humectante [68]. Otra razón del uso del aceite de coco es su abundancia de ácido láurico, uno de los componentes del tinte y decolorante de cabello

[82]. Este componente es un emulsificador, aparte de ello también brinda brillo al cabello, es hidratante, elimina células muertas y tiene un aroma agradable [93] [94] [95] [96].

Los estabilizantes elegidos para el agente oxidante son el tetra pirofosfato de sodio y el estanato de sodio [67] [97] [98] [99]. Esta decisión se corroboró con INCI Beauty, una base de datos francesa que trabaja en conjunto con la Escuela de Química Clermont-Ferrand Sigma sobre la seguridad de los productos elegidos para el decolorante y el tinte [100] [101] [102].

Otros aditivos para el tinte son el alfa-tocoferol (Vitamina E), la lisina y la arginina (aminoácidos). Estos compuestos son nutrientes para el cabello y ayudan al fortalecimiento y crecimiento saludable [103] [104]. El insumo vegetal rico en Vitamina E elegido es el aceite de germen de trigo. Estos aditivos fueron elegidos en base a la investigación realizada por Hal Slover. En la *Tabla 8* se compara el contenido de alfa-tocoferol de diferentes aceites vegetales y justifica la elección del aceite de germen de trigo como componente rico en Vitamina E [105].

Tocoferoles en aceites vegetales [mg/100 g]									
Aceite	Número de valores promediado	α -T	α -T-3	β -T	β -T-3	γ -T	γ -T-3	δ -T	δ -T-3
Coco	1	0,5	0,5		0,1		1,9	0,6	
Maíz	8	11,2		5,0 я		60,2		1,8 ы	
Semilla de Algodón	9	38,9				38,7			
Nim	1					58,0		59,0	
Olivo	4	5,1							
Palma	4	25,6	14,3 я		3,2 я	31,6 ы	28,6 я	7,0 я	6,9 я
Maní	11	13,0				21,4		2,1 й	
Canola	5	18,4				38,0		1,2 я	
Cártamo	3	38,7				17,4		24,0 я	
Ajonjolí	2	13,6				29,0			
Soya	14	10,1				59,3		26,4 ю	
Girasol	10	48,7				5,1		0,8 ы	
Nuez	1	56,3				59,5		45,0	
Germen de Trigo	3	133,0	2,6 я	71,0	18,1 ы	26,0 я		27,1 я	
Semilla de Mostaza	1	8,6				17,6		5,8	

я Un valor reportado
 ы Promedio de 2 valores reportados
 й Promedio de 4 valores reportados
 ю Promedio de 12 valores reportados

Tabla 8: Contenido de Vitamina E en aceites vegetales (Adaptado de [105])

**Los componentes de la Tabla 14 están especificados en el Anexo 2*

El tinte y decolorante necesita lisina y arginina para poder fortalecer al cabello y el cuero cabelludo luego de haber sido decolorado y teñido. Ya que estos procesos debilitan al cabello debido a la generación de grietas generadas por el agente oxidante. Se eligió a la cañihua [106] y a la maca [107] por su contenido de lisina y arginina respectivamente. A continuación, en la *Tabla 9* se van a tabular los insumos a usar para el decolorante y el tinte:

Decolorante		Tinte	
Compuesto	% masa	Compuesto	% masa
Agua Destilada	33,05	Agua Destilada	52,81
Ácido Peracético	4,50	Monoetanolamina	2,00
Propilenglicol	14,50	Propilenglicol	10,00
Aceite de Coco	33,00	Aceite de Coco	12,00
Camu Camu en Polvo	0,20	Camu Camu en Polvo	0,20
Perfume de Vainilla	1,00	Perfume de Vainilla	0,70
Etanol	12,00	Etanol	12,00
Colágeno Marino Hidrolizado	0,50	Harina de Cañihua	3,50
Harina de Cañihua	0,50	Harina de Maca	3,50
Harina de Maca	0,50	PPD 6 (oligómero)*	0,02
Aceite de Germen de Trigo	0,10	PPD 7 (oligómero)*	0,02
Tetra Pirofosfato de Sodio*	0,10	Resorcinol*	1,25
Estanato de Sodio*	0,05	Cúrcuma Molida	1,00
		Flores de Manzanilla en polvo	1,00

**Ir a los Anexos 3; 4 y 5 para ver las estructuras moleculares*

Tabla 9: Composición estimada para el paquete orgánico de origen vegetal para el cambio de coloración de cabello

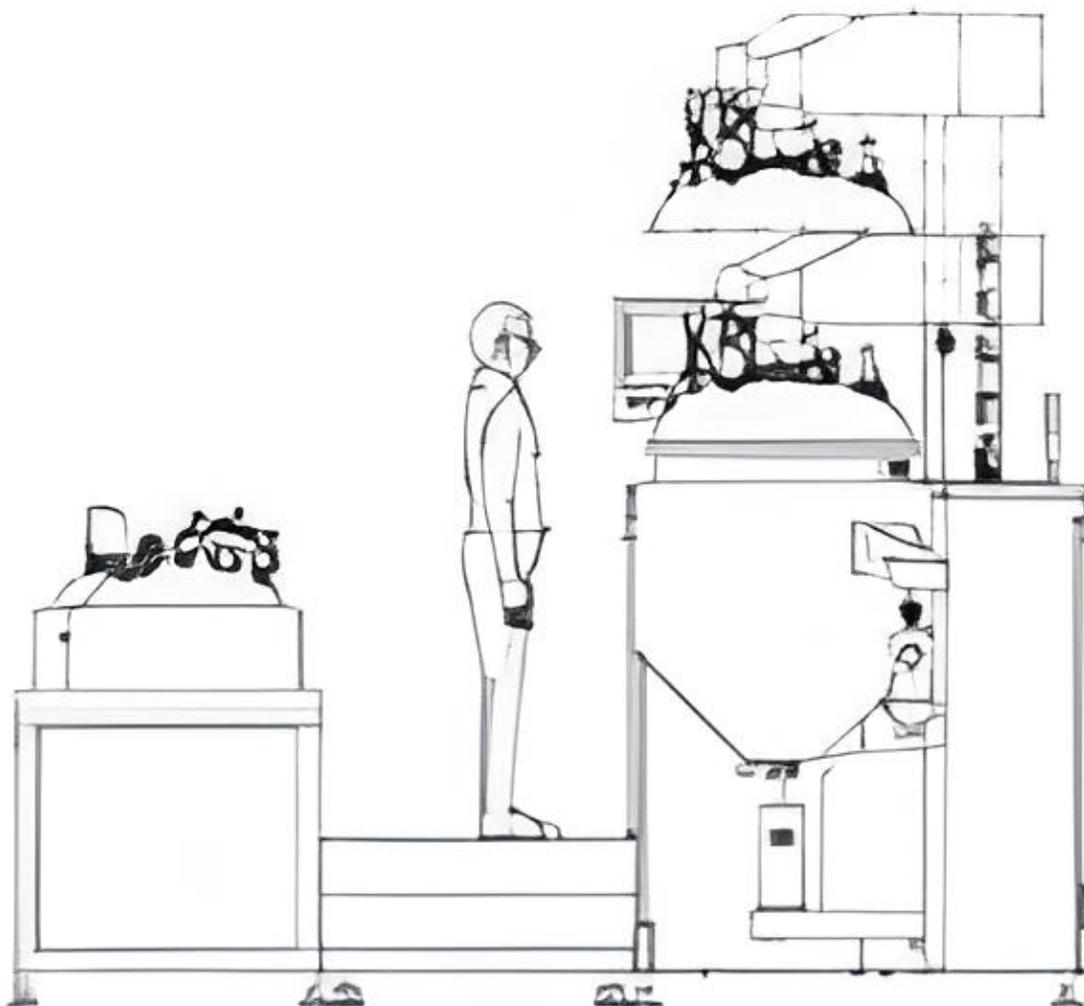
En la *Tabla 9*, los nombres técnicos del PPD 6 y PPD 7 son Hexil-2-5 diaminobenzoato y [2-amino-5-(4-nitrofenilamino)] benzoato de hexilo respectivamente. Para poder elegir los componentes con sus respectivos porcentajes de masa del revelador y del tinte, se ha tomado como referencias a [32] [54] [67] [82] [97] [98] [99]. La elección del olor del perfume es de elección arbitraria, siendo mencionado su uso por todas las fuentes seleccionadas.

4.3. Operaciones y Procesos Unitarios

Los procesos de manufactura del decolorante y del tinte se van a realizar en paralelo, los cuales serán especificados en las *Figuras 29 y 30*. Ambos son procesos no reactivos, por ende, no presentan procesos unitarios, ya que sólo cuenta con un tipo de operación unitaria. Esta operación unitaria es el mezclado de componentes.

4.3.1. Decolorante

El proceso de manufactura del decolorante se va a trabajar a 75 °C [15] [79]. Después del mezclado y emulsión, el tinte se enfría hasta que llegue a temperatura ambiente y sea posteriormente empaquetado. Para ello, se van a necesitar 3 tanques mezcladores (uno para la mezcla acuosa, otro para la mezcla oleosa y otro para la formación de la emulsión), con chaqueta térmica, para calentar y enfriar la mezcla. El tanque 3 va a contar con paletas de tipo helicoidal para poder mezclar líquidos viscosos ($\mu > 1 Pa \times s$). Los tanque 1 contará con paletas planas, ya que tanto la fase acuosa como la orgánica es poco viscosa ($\mu \cong 0,001 Pa \times s$) y es el tipo de paletas más simple [108]. La agitación se va a realizar en un rango de 22 a 105 RPM [109]. Para este caso específico, el equipo va a operar a 40 RPM [110]. Concretamente, se va a usar el sistema de mezclado cosmético KP-100 de la empresa Cedarstone Industry [109]. El sistema ya incluye chaquetas térmicas y de enfriamiento que son especificados en la sección de dimensionamiento de equipos. A continuación, la *Figura 28* muestra el esquema del mezclador KP-100.



KP-100

Figura 28: Esquema del sistema de mezclado cosmético KP-100 de Cedarstone Industry [109]

El fluido de calentamiento va a ser agua presurizada a 3 bar y 130°C. Estas condiciones fueron elegidas ya que el agua se encuentra como líquido comprimido [111]. Se va a considerar una diferencia de temperatura de 50°C con la finalidad de no usar agua en exceso. Otro motivo de la elección de estos parámetros es porque la temperatura final del

agua caliente (80 °C) debe tener una temperatura mayor a la temperatura final del calentamiento del fluido de proceso (75 °C), debido a que el cociente en el logaritmo en el cálculo de la diferencia de temperaturas medias logarítmicas (*Ecuación 1*) para el diseño de chaquetas térmicas debe ser un número positivo [112].

$$\Delta T_{lm} = \frac{(T_{hot\ out} - T_{cold\ out}) - (T_{hot\ in} - T_{cold\ in})}{\ln\left(\frac{T_{hot\ out} - T_{cold\ out}}{T_{hot\ in} - T_{cold\ in}}\right)} \quad Ec. 1$$

$$\Delta T_{lm} = \frac{(80 - 75) - (130 - 20)}{\ln\left(\frac{80 - 75}{130 - 20}\right)} = 33,97\text{ °C}$$

Para el enfriamiento, se va a usar una mezcla de agua y propilenglicol (30 % de glicol) a -10°C y a 3 bar. El motivo de designar al propilenglicol como anticongelante es porque también se va a adquirir este glicol para la composición del tinte, significando un ahorro de costos. La temperatura fue elegida para tener un intervalo grande de temperatura (30°C) y evitar usar mucho líquido de enfriamiento. Por ende, la temperatura final será de 20°C. Por otro lado, la temperatura escogida es superior a su punto de congelamiento (-12,7 °C) [113]. Se optó por escoger una presión mayor a la atmosférica para poder impulsar al líquido de enfriamiento.

$$T_{lm} = \frac{(T_{hot\ out} - T_{cold\ out}) - (T_{hot\ in} - T_{cold\ in})}{\ln\left(\frac{T_{hot\ out} - T_{cold\ out}}{T_{hot\ in} - T_{cold\ in}}\right)} \quad Ec. 1$$

$$\Delta T_{lm} = \frac{(25 - 20) - (75 - (-10))}{\ln\left(\frac{25 - 20}{75 - (-10)}\right)} = 28,24\text{ °C}$$

En la *Figura 29* se muestra el diagrama de bloques de la producción del decolorante donde se detallan las operaciones unitarias mencionadas.

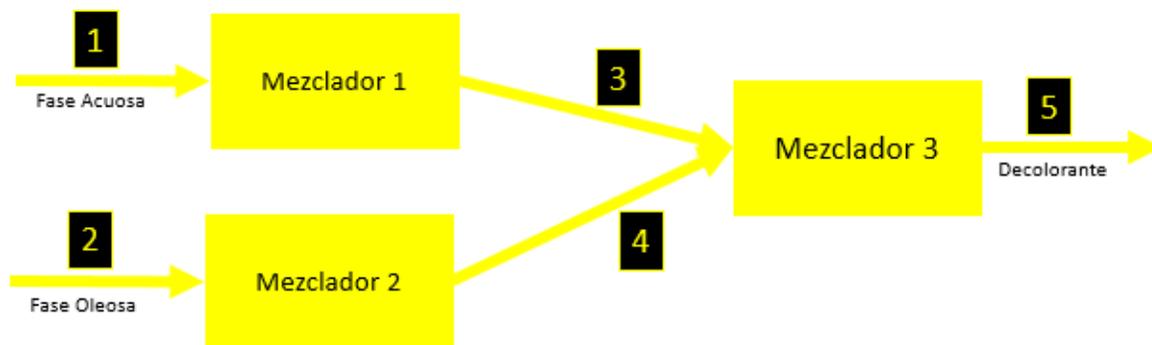


Figura 29: Diagrama de Bloques de la Producción de Decolorante

4.3.2. Tinte

El proceso de manufactura del tinte se va a trabajar a 75 °C [14] [67] para la formación de las fases acuosa y oleosa. Para añadir los aditivos, se va a trabajar a 40 °C, finalmente el tinte se enfría hasta que llegue a temperatura ambiente y sea posteriormente empaquetado. Para ello, se van a necesitar 3 tanques mezcladores (uno para la mezcla acuosa, otro para la mezcla oleosa y otro para la formación de la emulsión), con chaqueta térmica, para calentar y enfriar la mezcla. El tanque 3 va a contar con paletas de tipo helicoidal para poder mezclar líquidos viscosos ($\mu > 1 Pa \times s$). Los tanque 1 contará con paletas planas, ya que tanto la fase acuosa como la orgánica es poco viscosa ($\mu \cong 0,001 Pa \times s$) y es el tipo de paletas más simple [108]. La agitación se va a realizar en un rango de 22 a 105 RPM [109]. Para este caso específico, el equipo va a operar a 40 RPM [110]. El sistema ya incluye chaquetas térmicas y de enfriamiento que son especificados en la sección de dimensionamiento de equipos. Concretamente, se va a usar el sistema de mezclado cosmético KP-100 de la empresa Cedarstone Industry [109].

Para el fluido de calentamiento se va a usar agua presurizada a 3 bar y 130°C. Estas condiciones fueron elegidas ya que el agua se encuentra como líquido comprimido [111]. Se va a considerar una diferencia de temperatura de 50°C con la finalidad de no usar agua en exceso. Otro motivo de la elección de estos parámetros es porque la temperatura final del

agua caliente (80 °C) debe tener una temperatura mayor a la temperatura final del calentamiento del fluido de proceso (75 °C), debido a que el cociente en el logaritmo en el cálculo de la diferencia de temperaturas medias logarítmicas (*Ecuación 1*) para el diseño de chaquetas térmicas [112] debe ser un número positivo.

$$T_{lm} = \frac{(T_{hot\ out} - T_{cold\ out}) - (T_{hot\ in} - T_{cold\ in})}{\ln\left(\frac{T_{hot\ out} - T_{cold\ out}}{T_{hot\ in} - T_{cold\ in}}\right)} \quad Ec. 1$$

$$\Delta T_{lm} = \frac{(80 - 75) - (130 - 20)}{\ln\left(\frac{80 - 75}{130 - 20}\right)} = 33,97\ ^\circ C$$

Para enfriar, se va a usar una mezcla de agua y propilenglicol (30 % de glicol) a -10°C y a 3 bar. El motivo de designar al propilenglicol como anticongelante es porque también se va a adquirir el glicol para la composición del tinte, significando un ahorro de costos. La temperatura fue elegida para tener un intervalo grande de temperatura (30°C) y evitar usar mucho líquido de enfriamiento. Por ende, la temperatura final será de 20°C. Por otro lado, la temperatura escogida es superior a su punto de congelamiento (-12,7 °C) [113]. La presión elegida es mayor a la atmosférica para poder impulsar al líquido de enfriamiento.

$$T_{lm} = \frac{(T_{hot\ out} - T_{cold\ out}) - (T_{hot\ in} - T_{cold\ in})}{\ln\left(\frac{T_{hot\ out} - T_{cold\ out}}{T_{hot\ in} - T_{cold\ in}}\right)} \quad Ec. 1$$

$$\Delta T_{lm} = \frac{(25 - 20) - (75 - (-10))}{\ln\left(\frac{25 - 20}{75 - (-10)}\right)} = 28,24\ ^\circ C$$

En la *Figura 30* se muestra el diagrama de bloques de la producción del tinte donde se detallan las operaciones unitarias mencionadas.

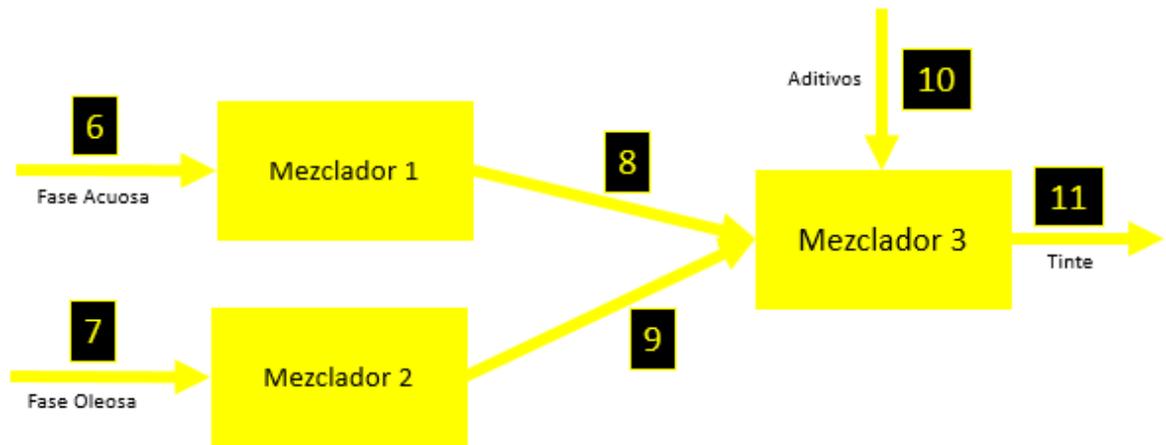


Figura 30: Diagrama de Bloques de la Producción de Tinte

4.4. Balances de Materia y Energía

En los balances de materia y energía realizados son para un proceso por lotes en estado estacionario, por lo tanto, no hay acumulación de materia, tampoco hay flujos de masa. Es un proceso estacionario, no reactivo y se da a presión atmosférica. Las temperaturas de operación fueron explicadas previamente.

Balace de Materia

$$M_{entrada} + M_{generadas} - M_{consumidas} - M_{salida} = M_{acumuladas} \quad Ec. 2$$

$$M_{entrada} = M_{salida} \quad Ec. 3$$

Modelo Matemático:

Tomando como base a las Figuras 29 y 30 se va a realizar el modelo matemático para cada corriente de proceso.

Para cada corriente: su composición está dada por la siguiente fórmula:

$$m_j = m_j \sum_{i=1}^n x_{ji} \quad Ec. 4$$

$$m_j = m_j \sum_{i=1}^n z_{ji} \quad Ec. 5$$

Donde:

j es el número de corriente

i es el número asignado a cada componente

m es la masa de la corriente j [kg]

x es la fracción másica en el proceso del decolorante

z es la fracción másica en el proceso del tinte

n es el número total de compuestos en el proceso

Las restricciones del modelo matemático están expresadas en la *Tabla 10*.

Restricción	Forma Algebraica
Sumatoria de fracciones molares de los insumos del decolorante	$\sum_{i=1}^n x_{ji} = 1$
Valor de las fracciones másicas de los insumos del decolorante	$0 \leq x_{ji} \leq 1$
Sumatoria de fracciones molares de los insumos del tinte	$\sum_{i=1}^n z_{ji} = 1$

Valor de las fracciones másicas de los insumos del tinte	$0 \leq z_{ji} \leq 1$
Temperatura de mezclado	$50\text{ }^{\circ}\text{C} \leq T \leq 75\text{ }^{\circ}\text{C}$
Tiempo de mezclado	$60\text{ min} \leq t \leq 90\text{ min}$

Tabla 10: Restricciones del modelo matemático

La fracción másica del agua es el complemento de la sumatoria de las fracciones másicas de los otros componentes:

$$x_{j1} = 1 - \sum_{i=2}^n x_{ji} \quad \text{Ec. 6}$$

$$z_{j1} = 1 - \sum_{i=2}^n z_{ji} \quad \text{Ec. 7}$$

Proporción del tinte y del decolorante en el lote:

Considerando como base al tinte L'Oreal de referencia [82], la relación entre los volúmenes del tinte y decolorante es el siguiente:

$$75\text{ mL decolorante} \propto 50\text{ mL tinte}$$

$$3 \times V_{\text{decolorante}} = 2 \times V_{\text{tinte}} \quad \text{Ec. 8}$$

$$3 \times \frac{m_{\text{decolorante}}}{\rho_{\text{decolorante}}} = 2 \times \frac{m_{\text{tinte}}}{\rho_{\text{tinte}}} \quad \text{Ec. 9}$$

Tomar en cuenta que ambos tienen la misma densidad, la cual es de $0,98 \frac{\text{g}}{\text{mL}}$ [37].

Nota: La densidad referencial es cuando el cosmético se encuentra a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

$$3 \times m_{decolorante} = 2 \times m_{tinte}$$

$$3 \times m_5 = 2 \times m_{11}$$

Las *Tablas 11 y 12* muestran las cantidades de insumo por corriente en todo el proceso de producción de paquetes de cambio de coloración de cabello expresado en variables de proceso (masa y fracción másica) para el decolorante y el tinte respectivamente.

Componente	# item	Corriente 1	Corriente 2	Corriente 3	Corriente 4	Corriente 5
Agua Destilada	1	m1*x11	m2*x21	m3*x31	m4*x41	m5*x51
Monoetanolamina	2	m1*x12	m2*x22	m3*x32	m4*x42	m5*x52
Ácido Peracético al 32% wt	3	m1*x13	m2*x23	m3*x33	m4*x43	m5*x53
Aceite de Coco	4	m1*x14	m2*x24	m3*x34	m4*x44	m5*x54
Propilenglicol	5	m1*x15	m2*x25	m3*x35	m4*x45	m5*x55
Etanol	6	m1*x16	m2*x26	m3*x36	m4*x46	m5*x56
Camu Camu en Polvo	7	m1*x17	m2*x27	m3*x37	m4*x47	m5*x57
Perfume de Vainilla	8	m1*x18	m2*x28	m3*x38	m4*x48	m5*x58
Aceite de Germen de Trigo	9	m1*x19	m2*x29	m3*x39	m4*x49	m5*x59
Harina de Cañihua	10	m1*x110	m2*x210	m3*x310	m4*x410	m5*x510
Harina de Maca	11	m1*x111	m2*x211	m3*x311	m4*x411	m5*x511
Colágeno Marino Hidrolizado	12	m1*x112	m2*x212	m3*x312	m4*x412	m5*x512
Flores de Manzanilla en Polvo	13	m1*x113	m2*x213	m3*x313	m4*x413	m5*x513
Cúrcuma Molida	14	m1*x114	m2*x214	m3*x314	m4*x414	m5*x514
Tetrapirofosfato de Sodio	15	m1*x115	m2*x215	m3*x315	m4*x415	m5*x515
Estanato de Sodio	16	m1*x116	m2*x216	m3*x316	m4*x416	m5*x516
PPD 6	17	m1*x117	m2*x217	m3*x317	m4*x417	m5*x517
PPD 7	18	m1*x118	m2*x218	m3*x318	m4*x418	m5*x518
Resorcinol	19	m1*x119	m2*x219	m3*x319	m4*x419	m5*x519
Producto		Decolorante				

Tabla 11: Tabla del modelo matemático de componentes en las corrientes de proceso del decolorante

Componente	# item	Corriente 6	Corriente 7	Corriente 8	Corriente 9	Corriente 10	Corriente 11
Agua Destilada	1	m6*x61	m7*z11	m8*z21	m9*z31	m10*z41	m11*z51
Monoetanolamina	2	m6*x62	m7*z12	m8*z22	m9*z32	m10*z42	m11*z52
Ácido Peracético al 32% wt	3	m6*x63	m7*z13	m8*z23	m9*z33	m10*z43	m11*z53
Aceite de Coco	4	m6*x64	m7*z14	m8*z24	m9*z34	m10*z44	m11*z54
Propilenglicol	5	m6*x65	m7*z15	m8*z25	m9*z35	m10*z45	m11*z55
Etanol	6	m6*x66	m7*z16	m8*z26	m9*z36	m10*z46	m11*z56
Camu Camu en Polvo	7	m6*x67	m7*z17	m8*z27	m9*z37	m10*z47	m11*z57
Perfume de Vainilla	8	m6*x68	m7*z18	m8*z28	m9*z38	m10*z48	m11*z58
Aceite de Germen de Trigo	9	m6*x69	m7*z19	m8*z29	m9*z39	m10*z49	m11*z59
Harina de Cañihua	10	m6*x610	m7*z110	m8*z210	m9*z310	m10*z410	m11*z510
Harina de Maca	11	m6*x611	m7*z111	m8*z211	m9*z311	m10*z411	m11*z511
Colágeno Marino Hidrolizado	12	m6*x612	m7*z112	m8*z212	m9*z312	m10*z412	m11*z512
Flores de Manzanilla en Polvo	13	m6*x613	m7*z113	m8*z213	m9*z313	m10*z413	m11*z513
Cúrcuma Molida	14	m6*x614	m7*z114	m8*z214	m9*z314	m10*z414	m11*z514
Tetrapirofosfato de Sodio	15	m6*x615	m7*z115	m8*z215	m9*z315	m10*z415	m11*z515
Estanato de Sodio	16	m6*x616	m7*z116	m8*z216	m9*z316	m10*z416	m11*z516
PPD 6	17	m6*x617	m7*z117	m8*z217	m9*z317	m10*z417	m11*z517
PPD 7	18	m6*x618	m7*z118	m8*z218	m9*z318	m10*z418	m11*z518
Resorcinol	19	m6*x619	m7*z119	m8*z219	m9*z319	m10*z419	m11*z519
Producto							Tinte

Tabla 12: Tabla del modelo matemático de componentes en las corrientes de proceso del tinte

En las Tablas 11 y 12 están tabuladas las corrientes que se muestran de forma gráfica en las Figuras 29 y 30 respectivamente.

A continuación, las Tablas 13 y 14 van a mostrar los compuestos a usar y su respectivo número asignado y su presencia en determinada corriente de proceso.

- ❖ Si la corriente contiene el insumo, la celda es blanca ($x_{ji} \neq 0$)
- ❖ Si la corriente no contiene el insumo, la celda es negra ($x_{ji} = 0$)

Componente	# ítem	Corriente 1	Corriente 2	Corriente 3	Corriente 4	Corriente 5
Agua Destilada	1					
Monoetanolamina	2					
Ácido Peracético al 32% wt	3					
Aceite de Coco	4					
Propilenglicol	5					
Etanol	6					
Camu Camu en Polvo	7					
Perfume de Vainilla	8					
Aceite de Germen de Trigo	9					
Harina de Cañihua	10					
Harina de Maca	11					
Colágeno Marino Hidrolizado	12					
Flores de Manzanilla en Polvo	13					
Cúrcuma Molida	14					
Tetrapirofosfato de Sodio	15					
Estanato de Sodio	16					
PPD 6	17					
PPD 7	18					
Resorcinol	19					
Producto		Decolorante				

Tabla 13: Tabla lógica de presencia de componentes en las corrientes de proceso del decolorante

Componente	# ítem	Corriente 6	Corriente 7	Corriente 8	Corriente 9	Corriente 10	Corriente 11
Agua Destilada	1						
Monoetanolamina	2						
Ácido Peracético al 32% wt	3						
Aceite de Coco	4						
Propilenglicol	5						
Etanol	6						
Camu Camu en Polvo	7						
Perfume de Vainilla	8						
Aceite de Germen de Trigo	9						
Harina de Cañihua	10						
Harina de Maca	11						
Colágeno Marino Hidrolizado	12						
Flores de Manzanilla en Polvo	13						
Cúrcuma Molida	14						
Tetrapirofosfato de Sodio	15						
Estanato de Sodio	16						
PPD 6	17						
PPD 7	18						
Resorcinol	19						
Producto		Tinte					

Tabla 14: Tabla lógica de presencia de componentes en las corrientes de proceso del tinte

A continuación, la *Tabla 15* muestra las relaciones que existen entre las variables de ambos procesos:

Decolorante	Tinte
$m_1 = m_3$	$m_6 = m_8$
$x_{1i} = x_{3i}$	$z_{1i} = z_{3i}$
$m_2 = m_4$	$m_7 = m_9$
$x_{2i} = x_{4i}$	$z_{2i} = z_{4i}$

Tabla 15: Relaciones entre las variables de proceso del decolorante y tinte

La *Tabla 16* va a mostrar los rangos de los porcentajes de los insumos a usar para cada producto.

Decolorante		Tinte	
Compuesto	% masa	Compuesto	% masa
Agua Destilada	$x_{j1} = 1 - \sum_{i=2}^n x_{ji}$	Agua Destilada	$z_{j1} = 1 - \sum_{i=2}^n z_{ji}$
Ácido Peracético	3,00 – 35,00	Monoetanolamina	0,50 - 4,08
Propilenglicol	7,00 – 16,00	Propilenglicol	2,00 - 14,50

Aceite de Coco	5,00 – 35,00	Aceite de Coco	3,00 – 16,00
Camu Camu en Polvo	0,10 – 7,00	Camu Camu en Polvo	0,10 – 1,00
Perfume de Vainilla	0,50 - 1,50	Perfume de Vainilla	0,50 - 1,50
Etanol	0,74 – 14,00	Etanol	7,00 – 16,00
Colágeno Marino hidrolizado	0,10 – 1,00	Harina de Cañihua	0,95 – 5,00
Harina de Cañihua	0,01 – 5,00	Harina de Maca	0,50 – 9,00
Harina de Maca	0,50 – 9,00	PPD 6 (oligómero)*	0,01 - 0,80
Aceite de Germen de Trigo	0,05 – 2,00	PPD 7 (oligómero)*	0,01 - 0,80
Tetra Pirofosfato de Sodio*	0,02 - 0,20	Resorcinol*	0,28 - 4,43
Estanato de Sodio*	0,04 - 0,15	Cúrcuma Molida	0,50 - 2,00
		Flores de Manzanilla en polvo	0,50 – 2,00

Tabla 16: Rango de porcentajes máxicos de los componentes del decolorante y tinte (Adaptado de [32] [54] [67] [82] [97] [98] [99] [114] [115] [116] [117] [118] [119] [120])

Análisis de grados de libertad del mezclador 3 del decolorante:

❖ Variables:

- Corrientes de Masa: m_3 ; m_4 ; m_5
- Corriente 3: x_{31} ; x_{33} ; x_{36} ; x_{37} ; x_{38} ; x_{310} ; x_{311} ; x_{312} ; x_{315} ; x_{316}
- Corriente 4: x_{44} ; x_{45} ; x_{49}
- Corriente 5:

$$x_{51} ; x_{53} ; x_{54} ; x_{55} ; x_{56} ; x_{57} ; x_{58} ; x_{59} ; x_{510} ; x_{511} ; x_{512} ; x_{515} ; x_{516}$$

❖ Número de variables: $3 + 10 + 3 + 13 = 29$

❖ Balances: Total y Componentes {3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 15; 16}

❖ Número de Balances: 13

- ❖ Especificaciones: $\sum_{i=1}^n x_{3i} = 1$; $\sum_{i=1}^n x_{4i} = 1$; $\sum_{i=1}^n x_{5i} = 1$
- ❖ Número de Especificaciones: 6
- ★ Análisis de Grados de Libertad: $29 - 13 - 3 = 13$

Balance de materia en el mezclador 3 del proceso del decolorante:

$$m_3 + m_4 = m_5$$

Balance de materia por componentes en el mezclador 3 para el proceso del decolorante:

$$\begin{aligned} D_3 = & m_3x_{31} + m_3x_{33} + m_3x_{36} + m_3x_{37} + m_3x_{38} + m_3x_{310} + m_3x_{311} + m_3x_{312} \\ & + m_3x_{315} + m_3x_{316} \end{aligned}$$

$$D_4 = m_4x_{44} + m_4x_{45} + m_4x_{49}$$

$$\begin{aligned} D_5 = & m_5x_{51} + m_5x_{53} + m_5x_{54} + m_5x_{55} + m_5x_{56} + m_5x_{57} + m_5x_{58} + m_5x_{59} + m_5x_{510} \\ & + m_5x_{511} + m_5x_{512} + m_5x_{515} + m_5x_{516} \end{aligned}$$

$$D_3 + D_4 = D_5 \quad \text{Ec. 10}$$

La *Tabla 17* indica los componentes participantes en el balance de materia del mezclador 3 del tinte y la *Tabla 18* muestra los balances para cada componente en el sistema de referencia mencionado anteriormente.

Componente	# ítem	Corriente 3	Corriente 4	Corriente 5
Agua Destilada	1	m3*x31	m4*x41	m5*x51
Monoetanolamina	2	m3*x32	m4*x42	m5*x52
Ácido Peracético al 32% wt	3	m3*x33	m4*x43	m5*x53
Aceite de Coco	4	m3*x34	m4*x44	m5*x54
Propilenglicol	5	m3*x35	m4*x45	m5*x55
Etanol	6	m3*x36	m4*x46	m5*x56
Camu Camu en Polvo	7	m3*x37	m4*x47	m5*x57
Perfume de Vainilla	8	m3*x38	m4*x48	m5*x58
Aceite de Germen de Trigo	9	m3*x39	m4*x49	m5*x59
Harina de Cañihua	10	m3*x310	m4*x410	m5*x510
Harina de Maca	11	m3*x311	m4*x411	m5*x511
Colágeno Marino Hidrolizado	12	m3*x312	m4*x412	m5*x512
Flores de Manzanilla en Polvo	13	m3*x313	m4*x413	m5*x513
Cúrcuma Molida	14	m3*x314	m4*x414	m5*x514
Tetrapirofosfato de Sodio	15	m3*x315	m4*x415	m5*x515
Estanato de Sodio	16	m3*x316	m4*x416	m5*x516
PPD 6	17	m3*x317	m4*x417	m5*x517
PPD 7	18	m3*x318	m4*x418	m5*x518
Resorcinol	19	m3*x319	m4*x419	m5*x519
Producto			Decolorante	

**Plomo es entrada y negro es salida*

Tabla 17: Entradas y salidas del mezclador 3 del decolorante

Componente	# Ítem	Balance de Masa
Agua Destilada	1	$m_3x_{31} = m_5x_{51}$
Ácido Peracético al 32 % wt	3	$m_3x_{33} = m_5x_{53}$
Aceite de Coco	4	$m_4x_{44} = m_5x_{54}$
Propilenglicol	5	$m_4x_{45} = m_5x_{55}$
Etanol	6	$m_3x_{36} = m_5x_{56}$
Camu Camu en Polvo	7	$m_3x_{37} = m_5x_{57}$
Perfume de Vainilla	8	$m_3x_{38} = m_5x_{58}$
Aceite de Germen de Trigo	9	$m_4x_{49} = m_5x_{59}$
Harina de Cañihua	10	$m_3x_{310} = m_5x_{510}$

Harina de Maca	11	$m_3x_{311} = m_5x_{511}$
Colágeno Marino Hidrolizado	12	$m_3x_{312} = m_5x_{512}$
Tetra Pirofosfato de Sodio	15	$m_3x_{315} = m_5x_{515}$
Estanato de Sodio	16	$m_3x_{316} = m_5x_{516}$

Tabla 18: Balances de materia del mezclador 3 del decolorante por componente

Análisis de grados de libertad del mezclador 3 del tinte:

❖ Variables:

- Corrientes de Masa: $m_8 ; m_9 ; m_{10} ; m_{11}$
- Corriente 8: $z_{31} ; z_{37} ; z_{38} ; z_{310} ; z_{311} ; z_{313} ; z_{314} ; z_{319}$
- Corriente 9: $z_{44} ; z_{45}$
- Corriente 10: $z_{52} ; z_{56} ; z_{517} ; z_{518}$
- Corriente 11:

$z_{61} ; z_{62} ; z_{64} ; z_{65} ; z_{66} ; z_{67} ; z_{68} ; z_{610} ; z_{611} ; z_{613} ; z_{614} ; z_{617} ; z_{618} ; z_{619}$

- ❖ Número de variables: $4 + 8 + 2 + 4 + 14 = 32$
- ❖ Balances: Total y Componentes {2 ; 4 ; 5 ; 6 ; 7 ; 8 ; 10 ; 11 ; 13 ; 14 ; 17 ; 18 ; 19}
- ❖ Número de Balances: 14
- ❖ Especificaciones: $\sum_{i=1}^n z_{1i} = 1 ; \sum_{i=1}^n z_{2i} = 1 ; \sum_{i=1}^n z_{5i} = 1 ; \sum_{i=1}^n z_{6i} = 1$
- ❖ Número de Especificaciones: 4
- ★ Análisis de Grados de Libertad: $32 - 14 - 4 = 14$

Balance de materia en el mezclador 3 del proceso del tinte:

$$m_8 + m_9 + m_{10} = m_{11}$$

Balance de materia en el mezclador 3 por componentes para el proceso del tinte:

$$D_8 = m_8z_{31} + m_8z_{37} + m_8z_{38} + m_8z_{310} + m_8z_{311} + m_8z_{313} + m_8z_{314} + m_8z_{319}$$

$$D_9 = m_9z_{44} + m_9z_{45}$$

$$D_{10} = m_{10}z_{52} + m_{10}z_{56} + m_{10}z_{517} + m_{10}z_{518}$$

$$D_{11} = m_{11}z_{61} + m_{11}z_{62} + m_{11}z_{64} + m_{11}z_{65} + m_{11}z_{66} + m_{11}z_{67} + m_{11}z_{68} + m_{11}z_{610} \\ + m_{11}z_{611} + m_{11}z_{613} + m_{11}z_{614} + m_{11}z_{617} + m_{11}z_{618} + m_{11}z_{619}$$

$$D_8 + D_9 + D_{10} = D_{11} \quad Ec. 11$$

La *Tabla 19* indica los componentes participantes en el balance del mezclador 3 del tinte y la *Tabla 20* muestra los balances para cada componente en el sistema de referencia mencionado anteriormente:

Componente	# item	Corriente 8	Corriente 9	Corriente 10	Corriente 11
Agua Destilada	1	m8*z31	m9*z41	m10*z51	m11*z61
Monoetanolamina	2	m8*z32	m9*z42	m10*z52	m11*z62
Ácido Peracético al 32% wt	3	m8*z33	m9*z43	m10*z53	m11*z63
Aceite de Coco	4	m8*z34	m9*z44	m10*z54	m11*z64
Propilenglicol	5	m8*z35	m9*z45	m10*z55	m11*z65
Etanol	6	m8*z36	m9*z46	m10*z56	m11*z66
Camu Camu en Polvo	7	m8*z37	m9*z47	m10*z57	m11*z67
Perfume de Vainilla	8	m8*z38	m9*z48	m10*z58	m11*z68
Aceite de Germen de Trigo	9	m8*z39	m9*z49	m10*z59	m11*z69
Harina de Cañihua	10	m8*z310	m9*z410	m10*z510	m11*z610
Harina de Maca	11	m8*z311	m9*z411	m10*z511	m11*z611
Colágeno Marino Hidrolizado	12	m8*z312	m9*z412	m10*z512	m11*z612
Flores de Manzanilla en Polvo	13	m8*z313	m9*z413	m10*z513	m11*z613
Cúrcuma Molida	14	m8*z314	m9*z414	m10*z514	m11*z614
Tetrapirofosfato de Sodio	15	m8*z315	m9*z415	m10*z515	m11*z615
Estanato de Sodio	16	m8*z316	m9*z416	m10*z516	m11*z616
PPD 6	17	m8*z317	m9*z417	m10*z517	m11*z617
PPD 7	18	m8*z318	m9*z418	m10*z518	m11*z618
Resorcínol	19	m8*z319	m9*z419	m10*z519	m11*z619
Producto		Tinte			

**Plomo es entrada y negro es salida*

Tabla 19: Entradas y salidas del mezclador 3 del tinte

Componente	# Item	Balance de Masa
Agua Destilada	1	$m_8 z_{31} = m_{11} z_{61}$
Monoetanolamina	2	$m_{10} z_{52} = m_{11} z_{62}$
Aceite de Coco	4	$m_9 z_{44} = m_{11} z_{64}$
Propilenglicol	5	$m_9 z_{45} = m_{11} z_{65}$
Etanol	6	$m_{10} z_{56} = m_{11} z_{66}$
Camu Camu en Polvo	7	$m_8 z_{37} = m_{11} z_{67}$
Perfume de Vainilla	8	$m_8 z_{38} = m_{11} z_{68}$
Harina de Cañihua	10	$m_8 z_{310} = m_{11} z_{610}$
Harina de Maca	11	$m_8 z_{311} = m_{11} z_{611}$
Flores de Manzanilla en Polvo	13	$m_8 z_{313} = m_{11} z_{613}$
Cúrcuma Molida	14	$m_8 z_{314} = m_{11} z_{614}$
PPD 6	17	$m_{10} z_{517} = m_{11} z_{617}$
PPD 7	18	$m_{10} z_{518} = m_{11} z_{618}$
Resorcinol	19	$m_8 z_{319} = m_{11} z_{619}$

Tabla 20: Balances de materia del mezclador 3 del tinte por componente

Análisis de grados de libertad del proceso global del decolorante:

❖ Variables:

- Corrientes de Masa: $m_1 ; m_2 ; m_5$
- Corriente 1: $x_{11} ; x_{13} ; x_{16} ; x_{17} ; x_{18} ; x_{110} ; x_{111} ; x_{112} ; x_{115} ; x_{116}$
- Corriente 2: $x_{24} ; x_{25} ; x_{29}$
- Corriente 5:

$x_{51} ; x_{53} ; x_{54} ; x_{55} ; x_{56} ; x_{57} ; x_{58} ; x_{59} ; x_{510} ; x_{511} ; x_{512} ; x_{515} ; x_{516}$

- ❖ Número de variables: $3 + 10 + 3 + 13 = 29$
- ❖ Balances: Total y Componentes {3 ; 4 ; 5 ; 6 ; 7 ; 8 ; 9 ; 10 ; 11 ; 12 ; 15 ; 16}
- ❖ Número de Balances: 13
- ❖ Especificaciones: $\sum_{i=1}^n x_{1i} = 1 ; \sum_{i=1}^n x_{2i} = 1 ; \sum_{i=1}^n x_{5i} = 1$
- ❖ Número de Especificaciones: 3
- ★ Análisis de Grados de Libertad: $29 - 13 - 3 = 13$

Balance de materia global del proceso del decolorante:

$$m_1 + m_2 = m_5$$

Balance de materia global por componentes para el proceso del decolorante

$$\begin{aligned} D_1 = & m_1x_{11} + m_1x_{13} + m_1x_{16} + m_1x_{17} + m_1x_{18} + m_1x_{110} + m_1x_{111} + m_1x_{112} \\ & + m_1x_{115} + m_1x_{116} \end{aligned}$$

$$D_2 = m_2x_{24} + m_2x_{25} + m_2x_{29}$$

$$\begin{aligned} D_5 = & m_5x_{51} + m_5x_{53} + m_5x_{54} + m_5x_{55} + m_5x_{56} + m_5x_{57} + m_5x_{58} + m_5x_{59} + m_5x_{510} \\ & + m_5x_{511} + m_5x_{512} + m_5x_{515} + m_5x_{516} \end{aligned}$$

$$D_1 + D_2 = D_5 \quad \text{Ec. 12}$$

La *Tabla 21* indica los componentes participantes en el balance global del decolorante y la *Tabla 22* muestra los balances para cada componente en el sistema de referencia mencionado anteriormente:

Componente	# ítem	Corriente 1	Corriente 2	Corriente 5
Agua Destilada	1	m1*x11	m2*x21	m5*x51
Monoetanolamina	2	m1*x12	m2*x22	m5*x52
Ácido Peracético al 32% wt	3	m1*x13	m2*x23	m5*x53
Aceite de Coco	4	m1*x14	m2*x24	m5*x54
Propilenglicol	5	m1*x15	m2*x25	m5*x55
Etanol	6	m1*x16	m2*x26	m5*x56
Camu Camu en Polvo	7	m1*x17	m2*x27	m5*x57
Perfume de Vainilla	8	m1*x18	m2*x28	m5*x58
Aceite de Germen de Trigo	9	m1*x19	m2*x29	m5*x59
Harina de Cañihua	10	m1*x110	m2*x210	m5*x510
Harina de Maca	11	m1*x111	m2*x211	m5*x511
Colágeno Marino Hidrolizado	12	m1*x112	m2*x212	m5*x512
Flores de Manzanilla en Polvo	13	m1*x113	m2*x213	m5*x513
Cúrcuma Molida	14	m1*x114	m2*x214	m5*x514
Tetrapirofosfato de Sodio	15	m1*x115	m2*x215	m5*x515
Estanato de Sodio	16	m1*x116	m2*x216	m5*x516
PPD 6	17	m1*x117	m2*x217	m5*x517
PPD 7	18	m1*x118	m2*x218	m5*x518
Resorcinol	19	m1*x119	m2*x219	m5*x519
Producto		Decolorante		

**Plomo es entrada y negro es salida*

Tabla 21: Entradas y salidas del proceso global del decolorante

Componente	# Ítem	Balace de Masa
Agua Destilada	1	$m_1x_{11} = m_5x_{51}$
Ácido Peracético al 32 % wt	3	$m_1x_{13} = m_5x_{53}$
Aceite de Coco	4	$m_2x_{24} = m_5x_{54}$
Propilenglicol	5	$m_2x_{25} = m_5x_{55}$
Etanol	6	$m_1x_{16} = m_5x_{56}$
Camu Camu en Polvo	7	$m_1x_{17} = m_5x_{57}$
Perfume de Vainilla	8	$m_1x_{18} = m_5x_{58}$
Aceite de Germen de Trigo	9	$m_2x_{29} = m_5x_{59}$
Harina de Cañihua	10	$m_1x_{110} = m_5x_{510}$
Harina de Maca	11	$m_1x_{111} = m_5x_{511}$

Colágeno Marino Hidrolizado	12	$m_1 x_{112} = m_5 x_{512}$
Tetra Pirofosfato de Sodio	15	$m_1 x_{115} = m_5 x_{515}$
Estanato de Sodio	16	$m_1 x_{116} = m_5 x_{516}$

Tabla 22: Balances de materia del global del decolorante por componente

Análisis de grados de libertad del proceso global del tinte:

★ Variables:

- Corrientes de Masa: $m_6 ; m_7 ; m_{10} ; m_{11}$
- Corriente 6: $z_{11} ; z_{17} ; z_{18} ; z_{110} ; z_{111} ; z_{113} ; z_{114} ; z_{119}$
- Corriente 7: $z_{24} ; z_{25}$
- Corriente 10: $z_{52} ; z_{56} ; z_{517} ; z_{518}$
- Corriente 11:

$z_{61} ; z_{62} ; z_{64} ; z_{65} ; z_{66} ; z_{67} ; z_{68} ; z_{610} ; z_{611} ; z_{613} ; z_{614} ; z_{617} ; z_{618} ; z_{619}$

- ❖ Número de variables: $4 + 8 + 2 + 4 + 14 = 32$
- ❖ Balances: Total y Componentes {2 ; 4 ; 5 ; 6 ; 7 ; 8 ; 10 ; 11 ; 13 ; 14 ; 17 ; 18 ; 19}
- ❖ Número de Balances: 14
- ❖ Especificaciones: $\sum_{i=1}^n z_{1i} = 1 ; \sum_{i=1}^n z_{2i} = 1 ; \sum_{i=1}^n z_{5i} = 1 ; \sum_{i=1}^n z_{6i} = 1$
- ❖ Número de Especificaciones: 4
- ★ Análisis de Grados de Libertad: $32 - 14 - 4 = 14$

Balance de materia global del proceso del tinte:

$$m_6 + m_7 + m_{10} = m_{11}$$

Balance de materia global por componentes para el proceso del tinte:

$$D_6 = m_6 z_{11} + m_6 z_{17} + m_6 z_{18} + m_6 z_{113} + m_6 z_{114} + m_6 z_{119}$$

$$D_7 = m_7 z_{24} + m_7 z_{25}$$

$$D_{10} = m_{10} z_{56} + m_{10} z_{517} + m_{10} z_{518}$$

$$D_{11} = m_{11} z_{61} + m_{11} z_{62} + m_{11} z_{64} + m_{11} z_{65} + m_{11} z_{66} + m_{11} z_{67} + m_{11} z_{68} + m_{11} z_{610} \\ + m_{11} z_{611} + m_{11} z_{613} + m_{11} z_{614} + m_{11} z_{617} + m_{11} z_{618} + m_{11} z_{619}$$

$$D_6 + D_7 + D_{10} = D_{11} \quad \text{Ec. 13}$$

La *Tabla 23* indica los componentes participantes en el balance global del tinte y la *Tabla 24* muestra los balances para cada componente en el sistema de referencia mencionado anteriormente:

Componente	# item	Corriente 6	Corriente 7	Corriente 10	Corriente 11
Agua Destilada	1	m6*z11	m7*z21	m10*z51	m11*z61
Monoetanolamina	2	m6*z12	m7*z22	m10*z52	m11*z62
Ácido Peracético al 32% wt	3	m6*z13	m7*z23	m10*z53	m11*z63
Aceite de Coco	4	m6*z14	m7*z24	m10*z54	m11*z64
Propilenglicol	5	m6*z15	m7*z25	m10*z55	m11*z65
Etanol	6	m6*z16	m7*z26	m10*z56	m11*z66
Camu Camu en Polvo	7	m6*z17	m7*z27	m10*z57	m11*z67
Perfume de Vainilla	8	m6*z18	m7*z28	m10*z58	m11*z68
Aceite de Germen de Trigo	9	m6*x19	m7*z29	m10*z59	m11*z69
Harina de Cañihua	10	m6*z110	m7*z210	m10*z510	m11*z610
Harina de Maca	11	m6*z111	m7*z211	m10*z511	m11*z611
Colágeno Marino Hidrolizado	12	m6*z112	m7*z212	m10*z512	m11*z612
Flores de Manzanilla en Polvo	13	m6*z113	m7*z213	m10*z513	m11*z613
Cúrcuma Molida	14	m6*z114	m7*z214	m10*z514	m11*z614
Tetrapirofosfato de Sodio	15	m6*z115	m7*z215	m10*z515	m11*z615
Estanato de Sodio	16	m6*z116	m7*z216	m10*z516	m11*z616
PPD 6	17	m6*z117	m7*z217	m10*z517	m11*z617
PPD 7	18	m6*z118	m7*z218	m10*z518	m11*z618
Resorcinol	19	m6*z119	m7*z219	m10*z519	m11*z619
Producto		Tinte			

**Plomo es entrada y negro es salida*

Tabla 23: Entradas y salidas del proceso global del tinte

Componente	# Item	Balance de Masa
------------	--------	-----------------

Agua Destilada	1	$m_6z_{11} = m_{11}z_{61}$
Monoetanolamina	2	$m_{10}z_{52} = m_{11}z_{72}$
Aceite de Coco	4	$m_7z_{24} = m_{11}z_{64}$
Propilenglicol	5	$m_7z_{25} = m_{11}z_{65}$
Etanol	6	$m_{10}z_{56} = m_{11}z_{66}$
Camu Camu en Polvo	7	$m_1z_{17} = m_{11}z_{67}$
Perfume de Vainilla	8	$m_1z_{18} = m_{11}z_{68}$
Harina de Cañihua	10	$m_6z_{110} = m_{11}z_{610}$
Harina de Maca	11	$m_6z_{111} = m_{11}z_{611}$
Flores de Manzanilla en Polvo	13	$m_6z_{113} = m_{11}z_{613}$
Cúrcuma Molida	14	$m_6z_{114} = m_{11}z_{614}$
PPD 6	17	$m_{10}z_{517} = m_{11}z_{617}$
PPD 7	18	$m_{10}z_{518} = m_{11}z_{618}$
Resorcinol	19	$m_6z_{519} = m_{11}z_{619}$

Tabla 24: Balances de materia del proceso global del tinte

En el *Anexo 6*, se muestran qué insumos pertenecen a la fase acuosa, orgánica o a la corriente de aditivos (en el proceso del tinte).

Para poder resolver el modelo matemático, se deben especificar 13 variables en el proceso del decolorante y 14 en el del tinte. Estas variables deben ser:

- ❖ La cantidad de tinte o decolorante a producir.
- ❖ Fracciones másicas en la corriente de productos (tinte o decolorante)
 - Las fracciones másicas deben estar dentro del intervalo planteado por la *Tabla 16*.

Cabe resaltar que, al definir la cantidad de tinte a producir, ya se especifica la cantidad a producir de decolorante debido a la relación de masas. Esto también sucede si se parte con definir la cantidad de decolorante a ser producido. Esta conclusión es consistente, ya que al saber las fracciones másicas de todos los componentes (excepto 1) y la cantidad de producto obtenido, se puede hallar la cantidad necesaria de materia prima para el proceso y sus fracciones másicas respectivas por corriente de proceso.

Las *Tablas 26 y 27* presentan los porcentajes de masa y la masa en cada corriente a partir de la información brindada por los diagramas de bloques y los diagramas de flujo del proceso (*Figuras 31 y 32*) de la manufactura de decolorante y de tinte a las condiciones de proceso dadas previamente y los cálculos realizados mediante los balances de masa. La *Figura 33* muestra el PFD del proceso global y la *Tabla 25* muestra su respectiva codificación de equipos. El PFD global está conformado por los 2 sistemas de mezcladores, el sistema de circulación de agua caliente presurizada y el ciclo de refrigeración para el anticongelante.

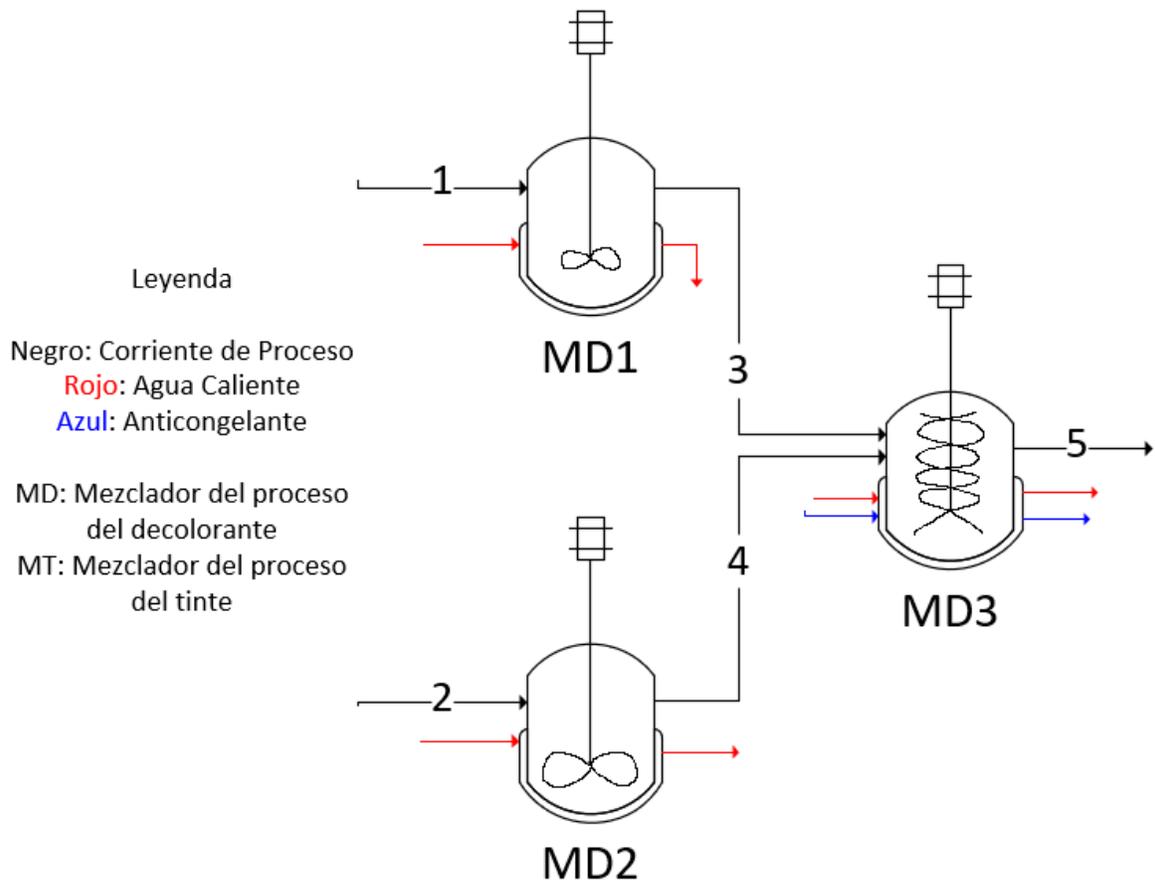


Figura 31: PFD del proceso del decolorante

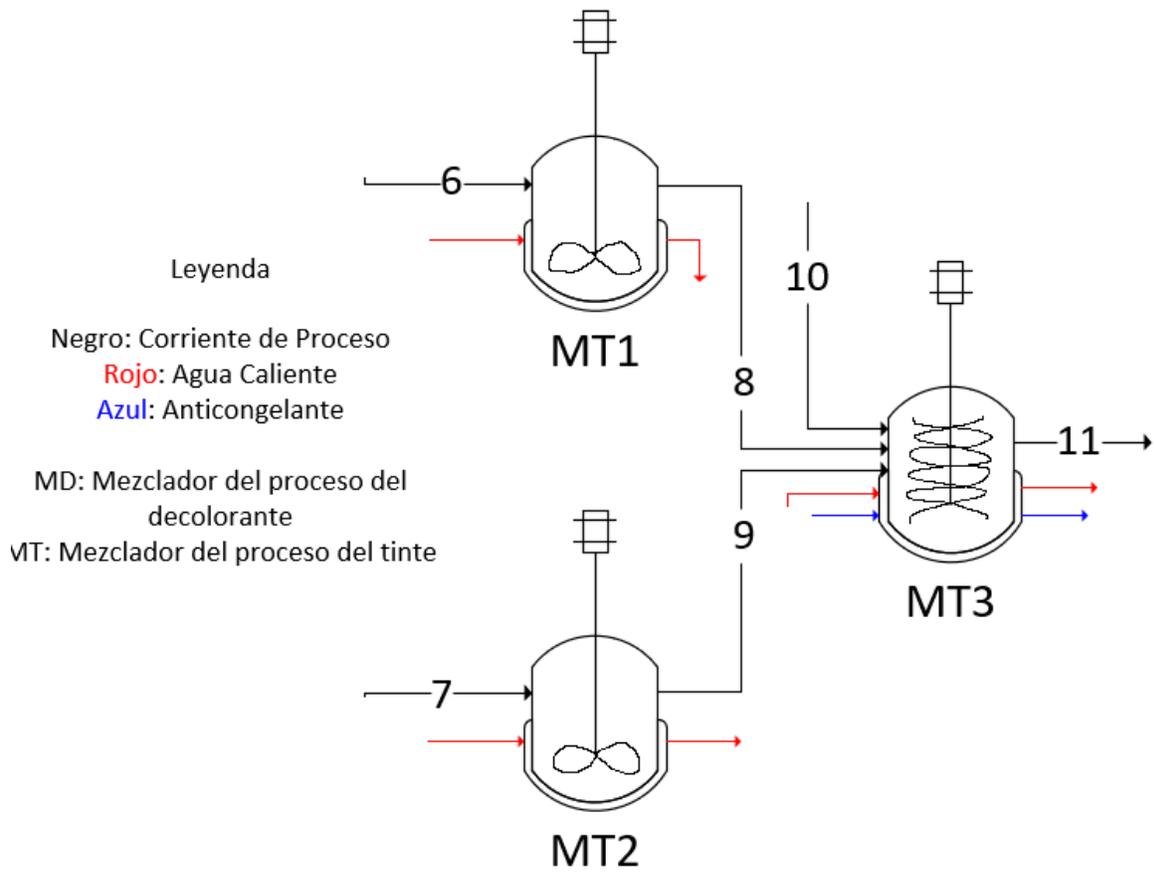


Figura 32: PFD del proceso del tinte

Leyenda Colores

Negro: Corriente de Proceso

Rojo: Agua Caliente

Naranja: Agua post chaqueta

Azul: Anticongelante

Cian: Anticongelante post chaqueta

Morado: Refrigerante

Amarillo: Agua Fría

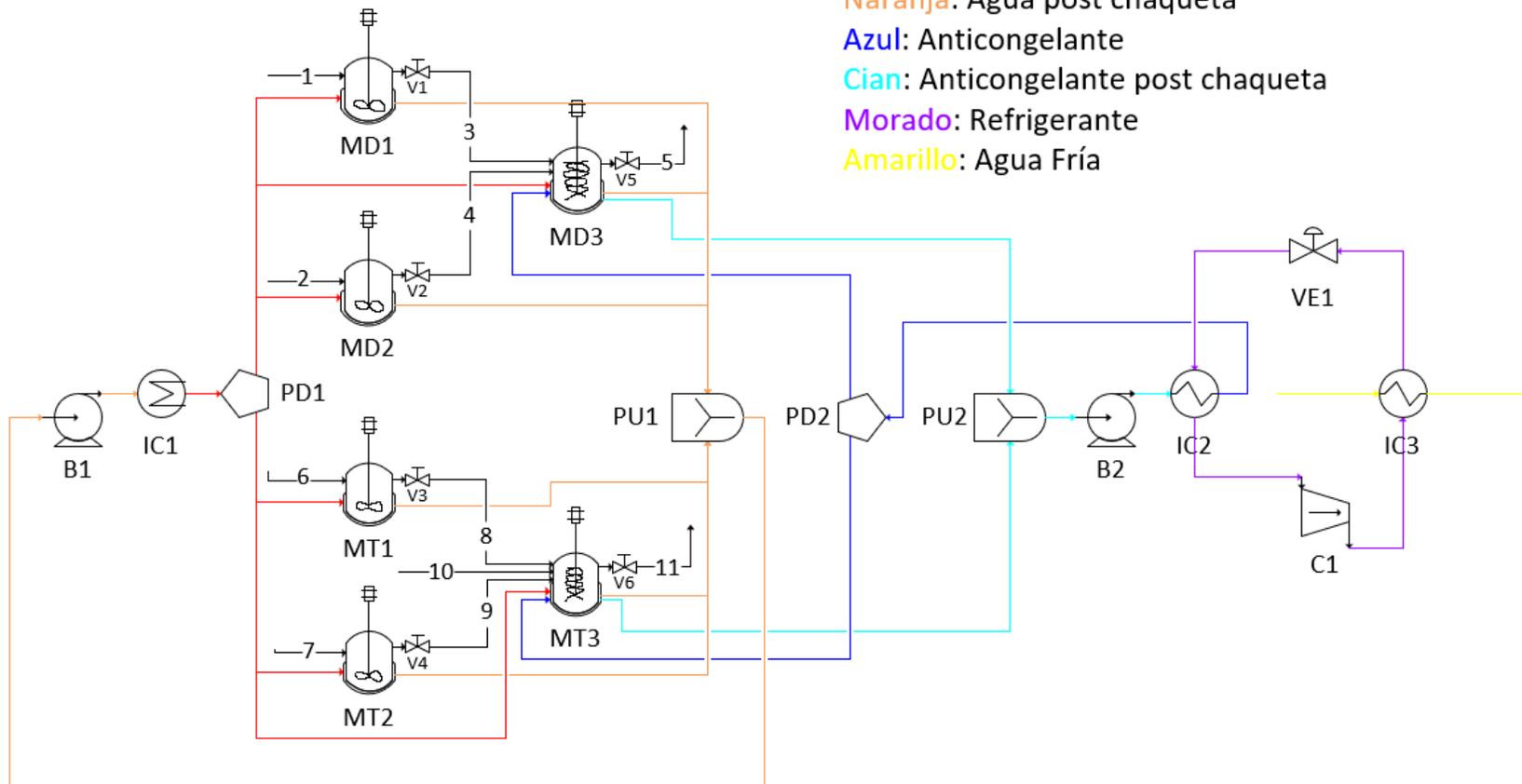


Figura 33: PFD global del proceso

Equipo	Codificación
Mezclador del proceso del decolorante	MD
Mezclador del proceso del tinte	MT
Bomba centrífuga	B
Intercambiador de Calor	IC
Punto de división	PD
Punto de unión	PU
Válvula manual	V
Válvula de expansión	VE
Compresor	C

Tabla 25: Codificación de los equipos del proceso de manufactura del tinte de cabello

Componente	Porcentaje Másico [%]											
	Corriente 1	Corriente 2	Corriente 3	Corriente 4	Corriente 5	Corriente 6	Corriente 7	Corriente 8	Corriente 9	Corriente 10	Corriente 11	
Agua Destilada	44,83	0,00	44,83	0,00	23,49	82,56	0,00	82,56	0,00	0,00	52,81	
Monoetanolamina	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,25	2,00	
Ácido Peracético al 32% wt	26,83	0,00	26,83	0,00	14,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Aceite de Coco	0,00	69,33	0,00	69,33	33,00	0,00	54,55	0,00	54,55	0,00	12,00	
Propilenglicol	0,00	30,46	0,00	30,46	14,50	0,00	45,45	0,00	45,45	0,00	10,00	
Etanol	22,90	0,00	22,90	0,00	12,00	0,00	0,00	0,00	0,00	85,47	12,00	
Camu Camu en Polvo	0,38	0,00	0,38	0,00	0,20	0,31	0,00	0,31	0,00	0,00	0,20	
Perfume de Vainilla	1,91	0,00	1,91	0,00	1,00	1,09	0,00	1,09	0,00	0,00	0,70	
Aceite de Germen de Trigo	0,00	0,21	0,00	0,21	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Harina de Cañihua	0,95	0,00	0,95	0,00	0,50	5,47	0,00	5,47	0,00	0,00	3,50	
Harina de Maca	0,95	0,00	0,95	0,00	0,50	5,47	0,00	5,47	0,00	0,00	3,50	
Colágeno Marino Hidrolizado	0,95	0,00	0,95	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Flores de Manzanilla en Polvo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,56	0,00	1,56	0,00	0,00	1,00	
Cúrcuma Molida	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,56	0,00	1,56	0,00	0,00	1,00	
Tetrapirofosfato de Sodio	0,19	0,00	0,19	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Estanato de Sodio	0,10	0,00	0,10	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
PPD 6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,02	
PPD 7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,02	
Resorcinol	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,97	0,00	1,97	0,00	0,00	1,25	
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	
Producto	Decolorante							Tinte				

Tabla 26: Porcentajes másicos de los componentes en cada corriente de proceso

Componente	Masa [kg]										
	Corriente 1	Corriente 2	Corriente 3	Corriente 4	Corriente 5	Corriente 6	Corriente 7	Corriente 8	Corriente 9	Corriente 10	Corriente 11
Agua Destilada	17,27	0,00	17,27	0,00	17,27	25,88	0,00	25,88	0,00	0,00	25,88
Monoetanolamina	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,98	0,98
Ácido Peracético al 32% wt	10,33	0,00	10,33	0,00	10,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Aceite de Coco	0,00	24,26	0,00	24,26	24,26	0,00	5,88	0,00	5,88	0,00	5,88
Propilenglicol	0,00	10,66	0,00	10,66	10,66	0,00	4,90	0,00	4,90	0,00	4,90
Etanol	8,82	0,00	8,82	0,00	8,82	0,00	0,00	0,00	0,00	5,88	5,88
Camu Camu en Polvo	0,15	0,00	0,15	0,00	0,15	0,10	0,00	0,10	0,00	0,00	0,10
Perfume de Vainilla	0,74	0,00	0,74	0,00	0,74	0,34	0,00	0,34	0,00	0,00	0,34
Aceite de Germen de Trigo	0,00	0,07	0,00	0,07	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Harina de Cañihua	0,37	0,00	0,37	0,00	0,37	1,72	0,00	1,72	0,00	0,00	1,72
Harina de Maca	0,37	0,00	0,37	0,00	0,37	1,72	0,00	1,72	0,00	0,00	1,72
Colágeno Marino Hidrolizado	0,37	0,00	0,37	0,00	0,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Flores de Manzanilla en Polvo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,49	0,00	0,49	0,00	0,00	0,49
Cúrcuma Molida	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,49	0,00	0,49	0,00	0,00	0,49
Tetrapirofosfato de Sodio	0,07	0,00	0,07	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Estanato de Sodio	0,04	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PPD 6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
PPD 7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
Resorcínol	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,62	0,00	0,62	0,00	0,00	0,62
TOTAL	38,51	34,99	38,51	34,99	73,50	31,34	10,78	31,34	10,78	6,88	49,00
Producto	Decolorante						Tinte				

Tabla 27: Masa de los componentes en cada corriente de proceso

Balances de Energía

Mediante los balances de energía se va a hallar la cantidad de agua necesaria para enfriar y/o calentar a la mezcla de insumos. Se consideró que la temperatura final del producto es de 25 °C, ya que se está usando agua a temperatura ambiente (20°C) para enfriar la mezcla. La temperatura de entrada del agua caliente es de 100°C (líquido saturado) y su temperatura de salida es de 50 °C. El agua fría entrará a 20°C y se calentará hasta llegar a 50°C. Con las condiciones de temperatura dadas, se procedió a calcular el flujo de agua necesario para poder brindar o extraer el calor necesario al tanque de mezclado y cumplir con las condiciones finales de la temperatura del agua de calentamiento/enfriamiento.

$$Energía\ del\ sistema = Q - W + E_{in} - E_{out} \quad Ec. 14$$

Se toman las mismas consideraciones del balance de materia, se desprecian las energías cinética y potencial y la energía interna se desglosa en el producto del calor específico por la diferencia de temperatura debido a que se considera que se está trabajando con fluidos incompresibles. El balance de energía queda de la siguiente manera:

$$Q - W = m \times \Delta u$$

$$Q = (m \times \Delta u) + W$$

$$Q = \left((m \times c_p \times \Delta T) + W \right) \div 1000 \quad Ec. 15$$

Donde:

$$Q \Rightarrow Calor [MJ]$$

$$m \Rightarrow Masa [kg]$$

$$c_p \Rightarrow Calor\ específico [kJ/(kg \times K)]$$

$$\Delta T \Rightarrow Diferencia\ de\ temperatura [K]$$

$W \Rightarrow$ Trabajo del agitador [kJ]

La potencia del equipo se halla mediante la correlación del Número de Potencia con el Número de Reynolds [108].

Primero se halla el Número de Reynolds:

$$\text{Velocidad Angular} = 40 \text{ RPM} = \frac{40 \times 2 \times \pi}{60} \text{ rad/s [110]}$$

$$\text{Viscosidad dinámica} = 11 \text{ Pa} \times \text{s [37]}$$

$$\text{Densidad} = 980 \text{ kg/m}^3 \text{ [37]}$$

Nota: La densidad y viscosidad son referenciales, ya que es cuando el cosmético se encuentra a 25 °C.

$$Re = \frac{\rho v D^2}{\mu} \quad \text{Ec. 16}$$

$$Re = \frac{980 \times \left(\frac{40 \times 2 \times \pi}{60}\right) \times (1,016)^2}{11} = 385,22$$

La *Figura 34* muestra la correlación para hallar el Número de Potencia con el número de Reynolds.

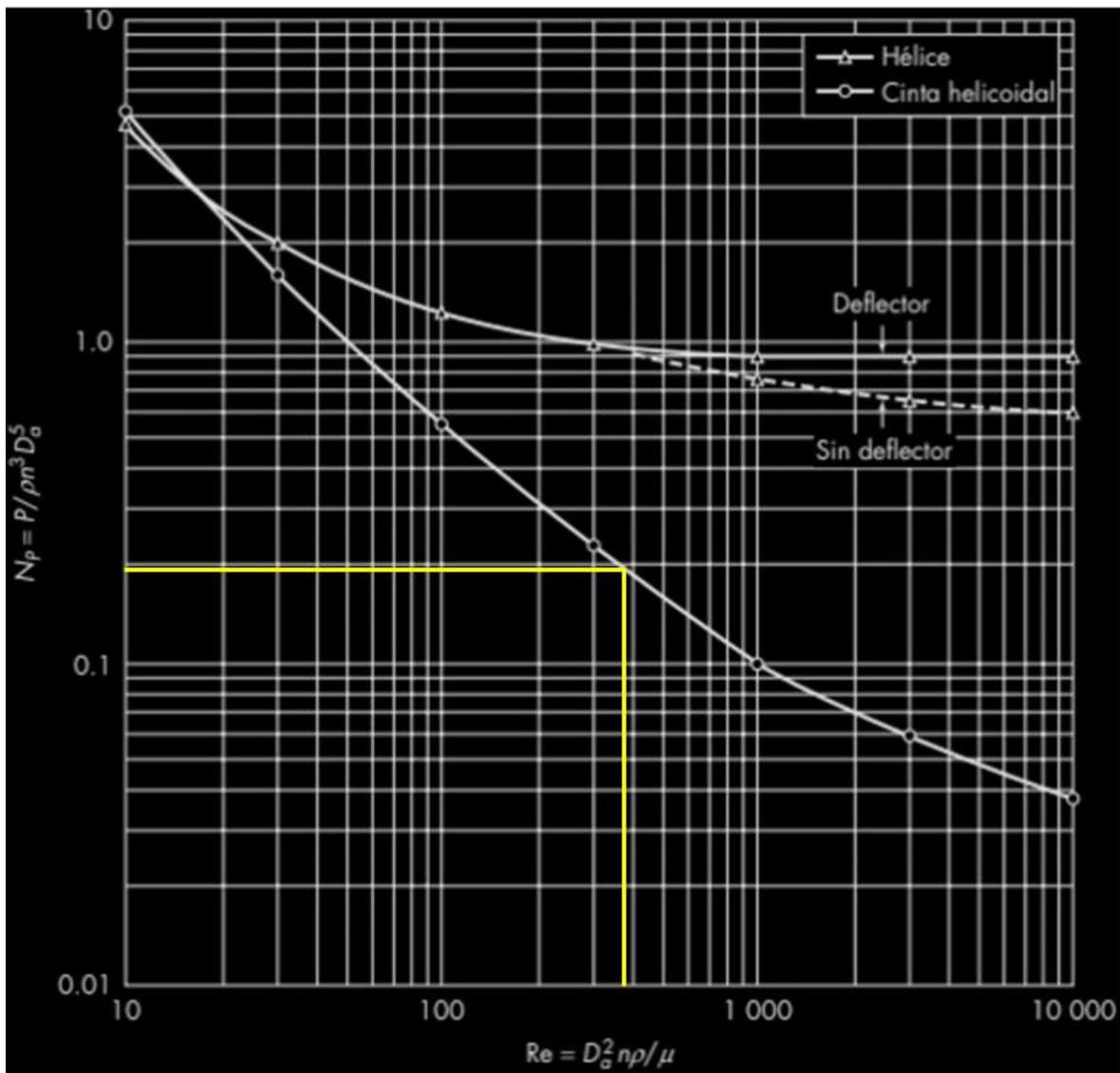


Figura 34: Número de Potencia vs. Número de Reynolds para hélices y cintas helicoidales (Adaptado de [108])

Según la *Figura 34* el número de potencia es aproximadamente 0,2. El siguiente paso es calcular la potencia del equipo:

$$P = N_p n^3 D_a^5 \rho \quad \text{Ec. 17}$$

$$P = 0,2 \times \left(\frac{40}{60}\right)^3 \times 1,016^5 \times 980 = 62,871 \text{ W}$$

Donde:

$P = \text{potencia de agitación del impulsor [W]}$

$n = \text{velocidad de rotación [rps]}$

$Da = \text{diámetro del agitador [m]}$

$\rho = \text{densidad del fluido [kg/m}^3\text{]}$

$N_p = \text{número de potencia}$

Considerar que el homogenizador de emulsiones cosméticas KP-100 de Cedarstone Industry [109] multiplicado por el tiempo de uso por lote (75 minutos) [79] [121].

$$62,871 \text{ W} \times 75 \text{ min} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} \times \frac{1 \text{ kJ}}{1000 \text{ J}} = 282,9195 \text{ kJ}$$

También tomar en cuenta que se busca producir 75 mL de revelador y 50 mL de tinte. Se va a considerar que la densidad de los productos es de $0,98 \frac{\text{g}}{\text{mL}}$ [110].

$$\text{Masa del decolorante: } 75 \text{ mL} \times 0,98 \frac{\text{g}}{\text{mL}} = 73,5 \text{ g}$$

$$\text{Masa del tinte: } 50 \text{ mL} \times 0,98 \frac{\text{g}}{\text{mL}} = 49 \text{ g}$$

La masa que entra es igual a la masa que sale del proceso. A continuación, en la *Tabla 28* se va a mostrar las cantidades necesarias de cada insumo para producir un lote de 1000 cajas de productos de cambio de coloración de cabello.

Debido a que el proveedor Merck [122] sólo cuenta con ácido peracético al 32% en masa, se procedió a calcular la cantidad necesaria de la solución del ácido percarboxílico en cuestión.

% de CH₃CO₃H puro en el decolorante: 4,5% (ver Tabla 15)

masa necesaria de CH₃CO₃H en el decolorante: 3,3075 kg (el 32% de la solución)

$$\frac{3,308}{\text{masa de agua}} = \frac{32\%}{68\%} \Rightarrow \text{masa de agua} = 7,028 \text{ kg}$$

Masa necesaria de CH₃CO₃H 32% wt: 10,336 kg

% CH₃CO₃H 32% wt en el decolorante ≈ 14,06% wt

Agua en el decolorante:

Agua total – Agua de la solución = Agua destilada a agregar

$$24,292 - 7,028 \approx 17,263 \text{ kg}$$

Nuevo % Agua = 23,49 %

Decolorante			Tinte		
Compuesto	% masa	Masa [kg]	Compuesto	% masa	Masa [kg]
Agua Destilada	23,49	17,37	Agua Destilada	52,81	25,88
Ácido Peracético al 32% wt	14,06	10,33	Monoetanolamina	2,00	0,98
Propilenglicol	14,50	10,68	Propilenglicol	10,00	4,90
Aceite de Coco	33,00	24,26	Aceite de Coco	12,00	5,88
Camu Camu en Polvo	0,20	0,15	Camu Camu en Polvo	0,20	0,10
Perfume de Vainilla	1,00	0,74	Perfume de Vainilla	0,70	0,34
Etanol	12,00	8,82	Etanol	12,00	5,88
Colágeno Marino hidrolizado	0,50	0,37	Harina de Cañihua	3,50	1,72
Harina de Cañihua	0,50	0,37	Harina de Maca	3,50	1,72

Harina de Maca	0,50	0,37	PPD 6 (oligómero)	0,02	0,01
Aceite de Germen de Trigo	0,10	0,07	PPD 7 (oligómero)	0,02	0,01
Tetra Pirofosfato de Sodio	0,10	0,07	Resorcinol	1,25	0,61
Estanato de Sodio	0,05	0,04	Cúrcuma Molida	1,00	0,49
			Flores de Manzanilla en polvo	1,00	0,49

Tabla 28: Cantidades de insumos estimados para un paquete orgánico de cambio de coloración de cabello

También considerar que para el cálculo del agua necesaria para poder calentar a los tanques y el anticongelante para enfriar a los mezcladores ha sido usado con el calor específico del aceite de coco, agua, propilenglicol, etanol, ácido peracético, resorcinol y monoetanolamina.

- ❖ Calor específico del agua: $4,186 \frac{kJ}{kg \times K}$ [112]
- ❖ Calor específico del aceite de coco : $1,67 \frac{kJ}{kg \times K}$ [123]
- ❖ Calor específico del propilenglicol: $2,327 \frac{kJ}{kg \times K}$ [124]
- ❖ Calor específico del etanol: $2,46 \frac{kJ}{kg \times K}$ [125]
- ❖ *Calor específico del ácido peracético: $c(T) = 7 \times 10^{-6} \times T^2 - 0,001 \times T + 1,7369$
- ❖ *Calor específico del resorcinol: $2,12383 \frac{kJ}{kg \times K}$
- ❖ *Calor específico de la monoetanolamina: $c(T) = 0,0025 \times T + 1,8895$
- ❖ *Calor específico de del anticongelante conformado por una mezcla al 30% en masa de propilenglicol:
 - $c_{p(-10^{\circ}C)} = 3,69732 \frac{kJ}{kg \times K}$

$$\text{> } c_{p(20^{\circ}\text{C})} = 3,73724 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\times\text{K}}$$

Los datos que están con asterisco “*” han sido extraídos del software de simulación ProMax, versión 5.0. El calor específico del resorcinol casi no variaba en el rango de temperaturas de trabajo (de 20 °C a 75 °C). Los calores específicos del ácido peracético y de la monoetanolamina se halló mediante una correlación a las temperaturas de operación en el proceso (de 20 °C a 75 °C). A continuación, las *Figuras 35 y 36* muestran la función del calor específico respecto a la temperatura para el ácido peracético y la monoetanolamina.

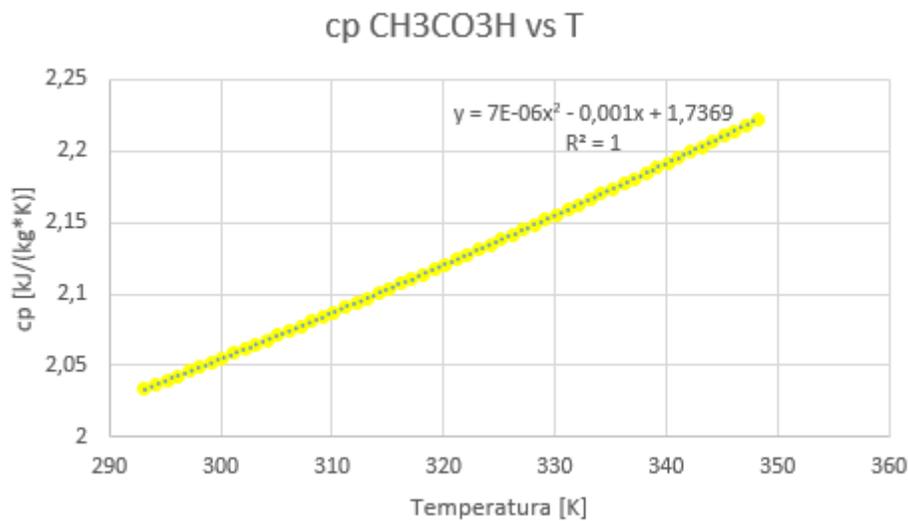


Figura 35: Función del calor específico del ácido peracético respecto a la temperatura

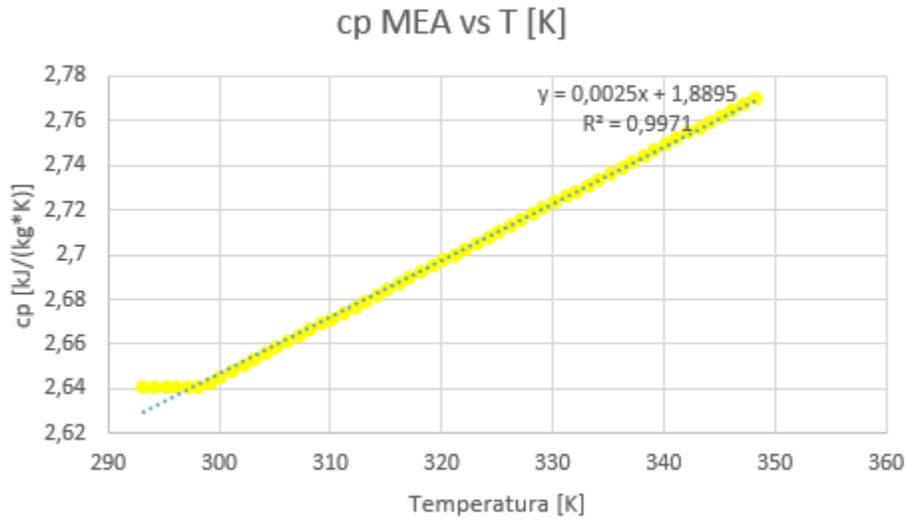


Figura 36: Función del calor específico de la monoetanolamina respecto a la temperatura

Decolorante:

La sumatoria de los 5 compuestos, ya que no contiene resorcinol ni monoetanolamina, da una composición de 97,05%.

$$\text{Masa del decolorante: } 75 \text{ mL} \times 0,98 \frac{\text{g}}{\text{mL}} = 73,5 \text{ g}$$

$$\text{Masa del lote de decolorante: } 73,5 \text{ kg}$$

Calentamiento:

$$Q = (m \times c_p \times \Delta T) + W$$

$$Q_{\text{Agua}} = (73,5 \times \frac{33,05}{97,05} \times 4,186 \times (75 - 20)) + 282,9195 = 6,046 \text{ MJ}$$

$$Q_{\text{Aceite de Coco}} = (73,5 \times \frac{33}{97,05} \times 1,67 \times (75 - 20)) + 282,9195 = 2,579 \text{ MJ}$$

$$Q_{Propilenglicol} = (73,5 \times \frac{14,5}{97,05} \times 2,327 \times (75 - 20)) + 282,9195 = 1,689 \text{ MJ}$$

$$Q_{Etanol} = (73,5 \times \frac{12}{97,05} \times 2,46 \times (75 - 20)) + 282,9195 = 1,513 \text{ MJ}$$

$$c_{p\text{Ácido Peracético}}(T) = \int_{293,15}^{348,15} 7 \times 10^{-6} \times T^2 - 0,001 \times T + 1,7369 = 117,575 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$Q_{\text{Ácido Peracético}} = (73,5 \times \frac{4,5}{97,05} \times (117,575)) + 282,9195 = 0,684 \text{ MJ}$$

$$Q_{Total} = 12,511 \text{ MJ}$$

Se procede a realizar el balance de energía para el agua de calentamiento. La corriente de agua no recibe ni otorga trabajo.

$$Q = m \times c_p \times \Delta T$$

$$-12226 = m \times 4,186 \times (80 - 130)$$

$$m = 59,775 \text{ kg}$$

Enfriamiento:

$$Q = (m \times c_p \times \Delta T) + W$$

$$Q_{Agua} = (73,5 \times \frac{33,05}{97,05} \times 4,186 \times (75 - 25)) + 282,9195 = 5,522 \text{ MJ}$$

$$Q_{Aceite de Coco} = (73,5 \times \frac{33}{97,05} \times 1,67 \times (75 - 25)) + 282,9195 = 2,37 \text{ MJ}$$

$$Q_{Propilenglicol} = (73,5 \times \frac{14,5}{97,05} \times 2,327 \times (75 - 25)) + 282,9195 = 1,561 \text{ MJ}$$

$$Q_{Etanol} = (73,5 \times \frac{12}{97,05} \times 2,46 \times (75 - 25)) + 282,9195 = 1,401 \text{ MJ}$$

$$c_{p\text{Ácido Peracético}}(T) = \int_{298,15}^{348,15} 7 \times 10^{-6} \times T^2 - 0,001 \times T + 1,7369 = 107,31 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$Q_{\text{Ácido Peracético}} = (73,5 \times \frac{4,5}{97,05} \times (117,575)) + 282,9195 = 0,649 \text{ MJ}$$

$$Q_{Total} = 11,503 \text{ MJ}$$

Se procede a realizar el balance de energía para el anticongelante. La corriente de solución acuosa al 30 % de propilenglicol no recibe ni otorga trabajo.

$$Q = m \times (c_p(T_2) \times T_2 - c_p(T_1) \times T_1)$$

$$11503 = m \times (3,73724 \times (20 + 273,15) - 3,69732 \times (-10 + 273,15))$$

$$m = 93,809 \text{ kg}$$

A continuación, se va a calcular la cantidad de agua usada para el tercer mezclador de la manufactura de decolorante.

❖ Masa de agua para el calentamiento: 59,775 kg

❖ Masa de agua para el enfriamiento: $93,809 \times 0,7 = 65,6663 \text{ kg}$

masa total de agua para el mezclador 3 del decolorante = 125,4413 kg

Tinte:

La sumatoria de los 6 compuestos, ya que no contiene ácido peracético, da una composición de 90,06%

$$\text{Masa del tinte: } 50 \text{ mL} \times 0,98 \frac{\text{g}}{\text{mL}} = 49 \text{ g}$$

$$\text{Masa del lote de tinte: } 49 \text{ kg}$$

Calentamiento:

$$Q = (m \times c_p \times \Delta T) + W$$

$$Q_{\text{Agua}} = (49 \times \frac{52,81}{90,06} \times 4,186 \times (75 - 20)) + 282,9195 = 6,899 \text{ MJ}$$

$$Q_{\text{Aceite de Coco}} = (49 \times \frac{12}{90,06} \times 1,67 \times (75 - 20)) + 282,9195 = 0,883 \text{ MJ}$$

$$Q_{\text{Propilenglicol}} = (49 \times \frac{10}{90,06} \times 2,327 \times (75 - 20)) + 282,9195 = 0,98 \text{ MJ}$$

$$Q_{\text{Etanol}} = (49 \times \frac{12}{86,61} \times 2,46 \times (75 - 20)) + 282,9195 = 1,167 \text{ MJ}$$

$$Q_{\text{Resorcinol}} = (49 \times \frac{1,25}{90,06} \times 2,12383 \times (75 - 20)) + 282,9195 = 0,363 \text{ MJ}$$

$$c_{p\text{Monoetanolamina}}(T) = \int_{293,15}^{348,15} 0,0025 \times T + 1,8895 = 148,012 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$Q_{\text{Monoetanolamina}} = (49 \times \frac{2}{90,06} \times (148,012)) + 282,9195 = 0,384 \text{ MJ}$$

$$Q_{\text{Total}} = 10,676 \text{ MJ}$$

Se procede a realizar el balance de energía para el agua de calentamiento. La corriente de agua no recibe ni otorga trabajo.

$$Q = m \times c_p \times \Delta T$$

$$-10676 = m \times 4,186 \times (80 - 130)$$

$m = 51,008 \text{ kg}$ para el calentamiento de 20°C a 75°C

Enfriamiento de 75°C a 40°C :

$$Q = (m \times c_p \times \Delta T) + W$$

$$Q_{\text{Agua}} = \left(49 \times \frac{52,81}{90,06} \times 4,186 \times (40 - 75)\right) + 282,9195 = -4,084 \text{ MJ}$$

$$Q_{\text{Aceite de Coco}} = \left(49 \times \frac{12}{90,06} \times 1,67 \times (40 - 75)\right) + 282,9195 = -0,113 \text{ MJ}$$

$$Q_{\text{Propilenglicol}} = \left(49 \times \frac{10}{90,06} \times 2,327 \times (40 - 75)\right) + 282,9195 = -0,176 \text{ MJ}$$

$$Q_{\text{Etanol}} = \left(49 \times \frac{12}{90,06} \times 2,46 \times (40 - 75)\right) + 282,9195 = -0,3 \text{ MJ}$$

$$Q_{\text{Resorcinol}} = \left(49 \times \frac{1,25}{90,06} \times 2,12383 \times (40 - 75)\right) + 282,9195 = 0,233 \text{ MJ}$$

$$c_{p\text{Monoetanolamina}}(T) = \int_{348,15}^{313,15} 0,0025 \times T + 1,8895 = -95,064 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$Q_{\text{Monoetanolamina}} = \left(49 \times \frac{2}{90,06} \times (-95,064)\right) + 282,9195 = 0,18 \text{ MJ}$$

$$Q_{\text{Total}} = -4,26 \text{ MJ}$$

Se procede a realizar el balance de energía para el anticongelante. La corriente de solución acuosa al 30 % de propilenglicol no recibe ni otorga trabajo.

$$Q = m \times (c_p(T_2) \times T_2 - c_p(T_1) \times T_1)$$

$$4260 = m \times (3,73724 \times (20 + 273,15) - 3,69732 \times (-10 + 273,15))$$

$m = 34,741 \text{ kg}$ para el enfriamiento de 75°C a 40°C

Enfriamiento de 40°C a 25°C:

$$Q = (m \times c_p \times \Delta T) + W$$

$$Q_{Agua} = (49 \times \frac{52,81}{90,06} \times 4,186 \times (25 - 40)) + 282,9195 = -1,521 \text{ MJ}$$

$$Q_{Coco} = (49 \times \frac{12}{90,06} \times 1,67 \times (25 - 40)) + 282,9195 = 0,12 \text{ MJ}$$

$$Q_{Propilenglicol} = (49 \times \frac{10}{90,06} \times 2,327 \times (25 - 40)) + 282,9195 = 0,093 \text{ MJ}$$

$$Q_{Etanol} = (49 \times \frac{12}{90,06} \times 2,46 \times (25 - 40)) + 282,9195 = 0,042 \text{ MJ}$$

$$Q_{Resorcinol} = (49 \times \frac{1,25}{90,06} \times 2,12383 \times (25 - 40)) + 282,9195 = 0,262 \text{ MJ}$$

$$c_{pMonoetanolamina}(T) = \int_{313,15}^{298,15} 0,0025 \times T + 1,8895 = -39,804 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$Q_{Monoetanolamina} = (49 \times \frac{2}{90,06} \times (-39,804)) + 282,9195 = 0,24 \text{ MJ}$$

$$Q_{Total} = -0,764 \text{ MJ}$$

Se procede a realizar el balance de energía para el anticongelante. La corriente de solución acuosa al 30 % de propilenglicol no recibe ni otorga trabajo.

$$Q = m \times (c_p(T_2) \times T_2 - c_p(T_1) \times T_1)$$

$$764 = m \times (3,73724 \times (20 + 273,15) - 3,69732 \times (-10 + 273,15))$$

$m = 6,231 \text{ kg}$ para el enfriamiento de 40°C a 25°C

A continuación, se va a calcular la cantidad de agua usada para el tercer mezclador de la manufactura de tinte.

- ❖ Masa de agua para el calentamiento de 20°C a 75°C: 51,008 kg
- ❖ Masa de agua para el enfriamiento de 75°C a 40°C: $34,741 \times 0,7 = 24,3187$ kg
- ❖ Masa de agua para el enfriamiento de 40°C a 25°C: $6,231 \times 0,7 = 4,3617$ kg

$$\text{masa total de agua para el mezclador 3 del tinte} = 79,9884 \text{ kg}$$

$$\text{masa total de agua para la manufactura del tinte y decolorante} = 214,3182 \text{ kg}$$

Mediante los diagramas de bloques, los balances de materia y energía y el modelo matemático se instauraron las bases para poder plantear el proceso de producción del paquete de cambio de coloración de cabello.

4.5. Dimensionamiento de equipos

A partir del diagrama de bloques de la manufactura del decolorante y tinte, y los balances de materia de ambos procesos, se van a dimensionar todos los tanques de mezclado de las dos manufacturas. Cada tanque va a contar con su respectiva chaqueta térmica. Mediante esta se va a realizar el calentamiento y el enfriamiento, el flujo de agua fría y caliente va a ser manipulado por válvulas neumáticas. Si se está usando el agua caliente, naturalmente, no va a fluir agua fría y viceversa. El material de los tanques a dimensionar es de acero inoxidable L316 [109].

4.5.1. Tanques para producir decolorante

Tomado como base el esquema planteado en la *Figura 29*, se va a realizar el dimensionamiento de los mezcladores para la producción de decolorante.

4.5.1.1. Mezclador 1

A partir de la *Tabla 27* se tiene la masa de la fase acuosa, la cual es 38,514 kg. Luego se procedió a calcular el volumen de la mezcla mediante una regla de tres simple:

$$\frac{38,514 \text{ kg fase acuosa decolorante}}{73,5 \text{ kg decolorante}} = \frac{L \text{ fase acuosa decolorante}}{75 \text{ L decolorante}}$$

$$V_{\text{fase acuosa decolorante}} = 39,3 \text{ L}$$

Se procede a hallar el volumen del tanque con el factor de dimensionamiento propuesto por Thomas Martin [126]:

$$39,3 \text{ L} \times 1,3 = 51,09 \text{ L} \equiv 0,05109 \text{ m}^3$$

Según Mac Cabe [64], la relación entre la altura y el diámetro de un mezclador es de 1 : 1. Entonces se realiza el siguiente cálculo (*Ecuación 18*):

$$V = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 h \equiv \frac{\pi}{4} d^3 \quad \text{Ec. 18}$$

$$d = 0,402 \text{ m} \equiv 40,2 \text{ cm}$$

Luego se procede a calcular la cantidad de agua que va a pasar por la chaqueta térmica para calentar a la fase acuosa. Para ese cálculo, se aplica el mismo criterio usado en los balances de energía de todo el proceso: considerar sólo los compuestos con información disponible de sus propiedades térmicas (agua, etanol y ácido peracético).

$$Q = (m \times c_p \times \Delta T) + W \quad \text{Ec. 15}$$

Se procede a hallar el trabajo otorgado por las paletas planas del mezclador 1:

$$\text{Velocidad Angular} = 40 \text{ RPM} = \frac{40 \times 2 \times \pi}{60} \text{ rad/s} \quad [110]$$

$$\text{Viscosidad dinámica} = 9,87093 \times 10^{-4} \text{ Pa} \times \text{s} \quad (\text{Calculado por ProMax})$$

Densidad = $984,316 \text{ kg/m}^3$ (Calculado por ProMax)

Diámetro de agitador = $0,402 \text{ m}$

Se procede a calcular el número de Reynolds para el mezclador 1 (Ecuación 16):

$$Re = \frac{\rho v D^2}{\mu} = \frac{984,316 \times \left(\frac{40 \times 2 \times \pi}{60}\right) \times (0,402)^2}{9,87093 \times 10^{-4}} = 675\,020,8507$$

Se vuelve a usar la *Figura 37* para la correlación del Número de Potencia respecto al número de Reynolds, pero en este caso con la turbina de palas planas (curva 2).

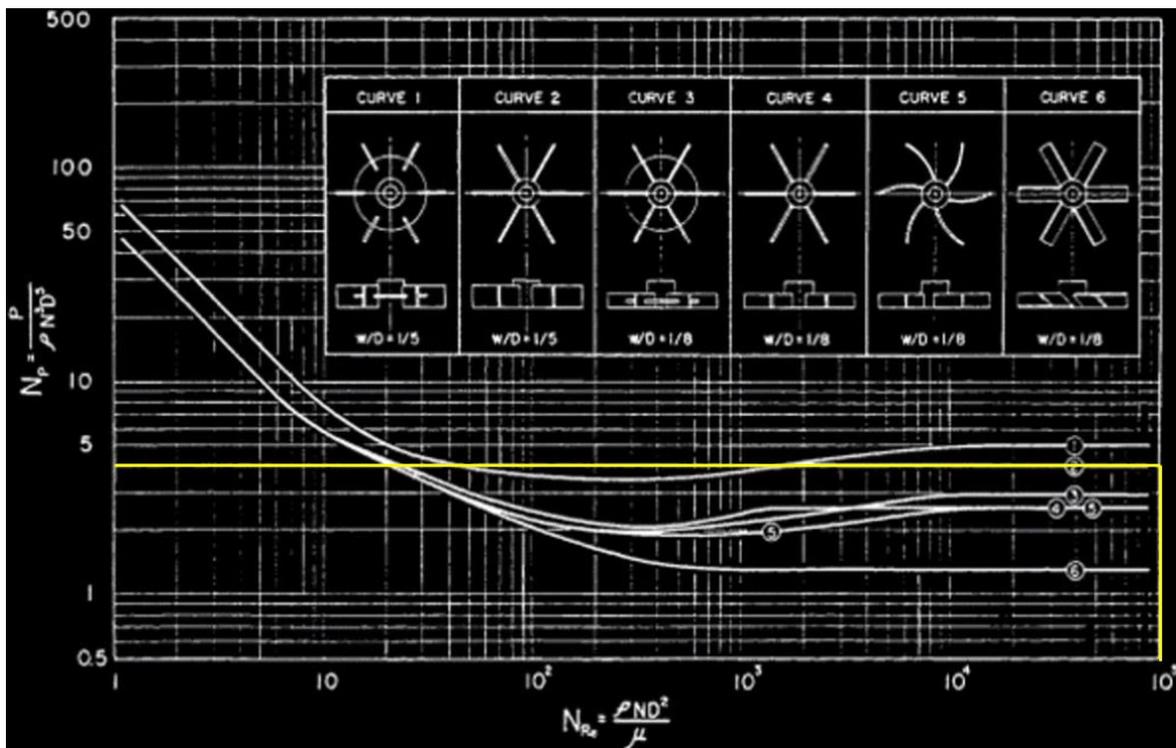


Figura 37: Correlación de números de potencia para el mezclador 1 del decolorante (Adaptado de [127])

Debido a que el número de Reynolds obtenido es mayor a 10^5 , se extrapola el gráfico pero la curva 2 toma un valor constante. El Número de Potencia hallado es aproximadamente

4. El siguiente paso es calcular la potencia del equipo:

$$P = N_p n^3 D_a^5 \rho = 4 \times \left(\frac{40}{60}\right)^3 \times 0,402^5 \times 984,316 = 12,248 \text{ W}$$

$$P = \text{potencia de agitación del impulsor [W]}$$

$$n = \text{velocidad de rotación [rps]}$$

$$D_a = \text{diámetro del agitador [m]}$$

$$\rho = \text{densidad del fluido [kg/m}^3\text{]}$$

$$N_p = \text{número de potencia}$$

El tiempo de operación del mezclador de la fase acuosa es de 20 minutos [15]. Entonces se calcula el trabajo del agitador.

$$12,248 \text{ W} \times 20 \text{ min} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} \times \frac{1 \text{ kJ}}{1000 \text{ J}} = 14,6976 \text{ kJ}$$

Una vez hallado el trabajo otorgado por el agitador, se procede a calcular el calor mediante el balance de energía:

$$Q_{\text{Agua}} = \left(38,514 \times \frac{44,83}{94,56} \times 4,186 \times (75 - 20)\right) + 14,6976 = 5,777 \text{ MJ}$$

$$Q_{\text{Etanol}} = \left(38,514 \times \frac{12}{94,56} \times 2,46 \times (75 - 20)\right) + 14,6976 = 1,244 \text{ MJ}$$

$$c_{p_{\text{Ácido Peracético}}}(T) = \int_{293,15}^{348,15} 7 \times 10^{-6} \times T^2 - 0,001 \times T + 1,7369 = 117,575 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$Q_{\text{Ácido Peracético}} = (38,514 \times \frac{4,5}{94,56} \times (117,575)) + 14,6976 = 0,415 \text{ MJ}$$

$$Q_{\text{Total}} = 7,436 \text{ MJ}$$

Se procede a realizar el balance de energía para el agua de calentamiento. La corriente de agua no recibe ni otorga trabajo.

$$Q = m \times c_p \times \Delta T \quad \text{Ec. 15}$$

$$-7436 = m \times 4,186 \times (80 - 130)$$

$$m = 35,528 \text{ kg}$$

A partir de las dimensiones halladas del tanque, se va a realizar el dimensionamiento de la chaqueta térmica:

Considerar que el diámetro de la chaqueta térmica es de 50 mm [12]

Partimos con la ecuación de transferencia de calor [112]:

$$Q = U \times A \times \Delta T_{lm} \quad \text{Ec. 19}$$

$$U = \text{coeficiente global de transferencia de calor} \left[\frac{W}{m^2 \times ^\circ C} \right]$$

$$A = \text{área de transferencia de calor} [m^2]$$

$$\Delta T_{lm} = \text{diferencia de temperaturas medias logarítmicas} [^\circ C]$$

Primero, se va a hallar el área de transferencia de calor, se va a aplicar el cálculo realizado por Godoy [128] en el diseño de chaquetas térmicas:

$$A_{\text{chaqueta}} = \pi R^2 + 2\pi RH \quad \text{Ec. 20}$$

$$R = \text{radio del tanque} [m]$$

$$H = \text{altura de la chaqueta [m]}$$

Para hallar el área de la chaqueta, se debe conocer la altura del líquido en el tanque, esta altura se calcula a partir del volumen del líquido en el mezclador:

Considerar $h = H$

$$V = Ah \Rightarrow V = \pi(0,5 \times d)^2 \times h$$

$$\frac{39,3}{1000} = \pi(0,5 \times 0,402)^2 \times h$$

$$h = 0,3096 \text{ m} \equiv 30,96 \text{ cm}$$

$$A_{chaqueta} = \pi(0,402 \times 0,5)^2 + 2\pi(0,402 \times 0,5) \times 0,3096 = 0,518 \text{ m}^2$$

A continuación, se va a hallar la diferencia de temperaturas medias logarítmicas (Ecuación 1):

$$T_{lm} = \frac{(T_{hot\ out} - T_{cold\ out}) - (T_{hot\ in} - T_{cold\ in})}{\ln\left(\frac{T_{hot\ out} - T_{cold\ out}}{T_{hot\ in} - T_{cold\ in}}\right)} \quad Ec. 1$$

Donde:

$$T_{hot} = \text{temperatura del agua caliente [}^\circ\text{C]}$$

$$T_{cold} = \text{temperatura del fluido dentro del mezclador [}^\circ\text{C]}$$

$$\Delta T_{lm} = \frac{(80 - 75) - (130 - 20)}{\ln\left(\frac{80 - 75}{130 - 20}\right)} = 33,97 \text{ }^\circ\text{C}$$

Se reemplazan los términos en la ecuación de transferencia de calor y se va a calcular el coeficiente global de transferencia de calor:

$$Q = U \times A \times \Delta T_{lm} \quad Ec. 19$$

$$\frac{7,436 \times 10^6 \text{ J}}{20 \times 60 \text{ s}} = U \times 0,518 \times 33,97$$

$$U = 352,154 \frac{W}{m^2 \times ^\circ C}$$

4.5.1.2. Mezclador 2

A partir de la *Tabla 27* se tiene la masa de la fase oleosa, la cual es 34,986 kg. Luego se procedió a calcular el volumen de la mezcla mediante una regla de tres simple:

$$\frac{34,986 \text{ kg fase oleosa decolorante}}{73,5 \text{ kg decolorante}} = \frac{L \text{ fase oleosa decolorante}}{75 \text{ L decolorante}}$$

$$V_{\text{fase oleosa decolorante}} = 35,7 \text{ L}$$

Se procede a hallar el volumen del tanque con el factor de dimensionamiento propuesto por Thomas Martin [126]:

$$35,7 \text{ L} \times 1,3 = 46,41 \text{ L} \equiv 0,04641 \text{ m}^3$$

Según Mac Cabe [108], la relación de la altura y el diámetro de un mezclador es de 1 a 1. Entonces se realiza el siguiente cálculo (*Ecuación 18*):

$$V = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 h \equiv \frac{\pi}{4} d^3 \Rightarrow d = 0,389 \text{ m} \equiv 38,9 \text{ cm}$$

Luego se procede a calcular la cantidad de agua que va a pasar por la chaqueta térmica para calentar a la fase oleosa. Para ese cálculo, se aplica el mismo criterio usado en los balances de energía de todo el proceso: considerar sólo los compuestos con información disponible de sus propiedades térmicas (propilenglicol y aceite de coco).

$$Q = (m \times c_p \times \Delta T) + W \quad \text{Ec. 15}$$

Se procede a hallar el trabajo otorgado por el agitador de paletas planas del mezclador 2:

$$\text{Velocidad Angular} = 40 \text{ RPM} = \frac{40 \times 2 \times \pi}{60} \text{ rad/s [110]}$$

$$\text{Viscosidad dinámica} = 2,76291 \times 10^{-2} \text{ Pa} \times \text{s} \quad (\text{Calculado por ProMax})$$

$$\text{Densidad} = 986,26 \text{ kg/m}^3 \quad (\text{Calculado por ProMax})$$

$$\text{Diámetro de agitador} = 0,389 \text{ m}$$

Se procede a calcular el número de Reynolds para el mezclador 2 (Ecuación 16):

$$Re = \frac{\rho v D^2}{\mu} = \frac{986,26 \times \left(\frac{40 \times 2 \times \pi}{60}\right) \times (0,389)^2}{2,76291 \times 10^{-2}} = 22626,24541$$

Se vuelve a usar la *Figura 34* para la correlación del Número de Potencia respecto al número de Reynolds para el caso de las paletas planas (curva 2).

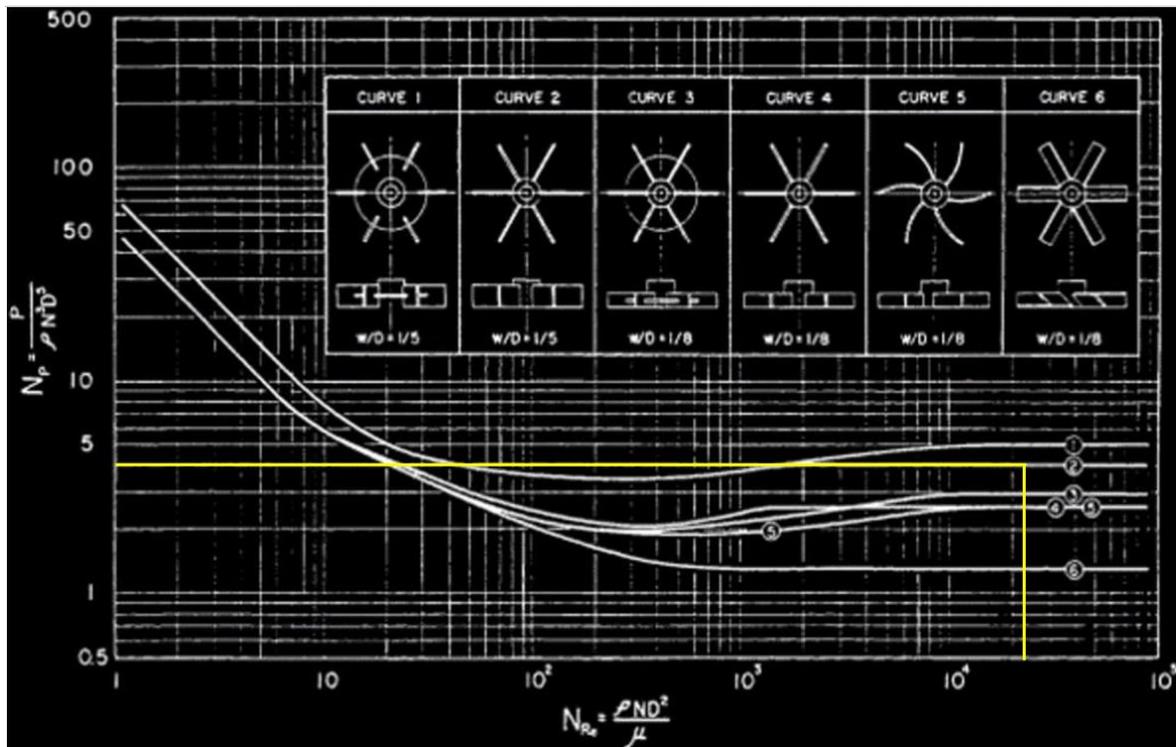


Figura 38: Correlación de números de potencia para el mezclador 2 del decolorante (Adaptado de [127])

Según la Figura 38, el Número de Potencia es aproximadamente 4. El siguiente paso es calcular la potencia del equipo:

$$P = N_p n^3 D_a^5 \rho = 4 \times \left(\frac{40}{60}\right)^3 \times 0,402^5 \times 986,26 = 12,271 \text{ W}$$

P : potencia de agitación del impulsor [W]

n = velocidad de rotación [rps]

D_a = diámetro del agitador [m]

ρ = densidad del fluido [kg/m^3]

N_p = número de potencia

El tiempo de operación del mezclador de la fase oleosa es de 20 minutos, debido a que se está asumiendo el mismo tiempo de mezclado que la fase acuosa [15]. Entonces se calcula el trabajo del agitador.

$$12,271 \text{ W} \times 20 \text{ min} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} \times \frac{1 \text{ kJ}}{1000 \text{ J}} = 14,7252 \text{ kJ}$$

Una vez hallado el trabajo otorgado por el agitador, se procede a calcular el calor mediante el balance de energía:

$$Q_{\text{Aceite de Coco}} = (38,514 \times \frac{33}{94,56} \times 1,67 \times (75 - 20)) + 14,7252 = 1,249 \text{ MJ}$$

$$Q_{\text{Propilenglicol}} = (38,514 \times \frac{14,5}{94,56} \times 2,327 \times (75 - 20)) + 14,7252 = 0,771 \text{ MJ}$$

$$Q_{\text{Total}} = 2,02 \text{ MJ}$$

Se procede a realizar el balance de energía para el agua de calentamiento. La corriente de agua no recibe ni otorga trabajo.

$$Q = m \times c_p \times \Delta T \quad \text{Ec. 15}$$

$$-2020 = m \times 4,186 \times (80 - 130)$$

$$m = 9,651 \text{ kg}$$

A partir de las dimensiones halladas del tanque, se va a realizar el dimensionamiento de la chaqueta térmica:

Considerar que el diámetro de la chaqueta térmica es de 50 mm [12]

Partimos con la ecuación de transferencia de calor [112]:

$$Q = U \times A \times \Delta T_{lm} \quad \text{Ec. 19}$$

$$U = \text{coeficiente global de transferencia de calor} \left[\frac{W}{m^2 \times ^\circ C} \right]$$

$$A = \text{área de transferencia de calor} [m^2]$$

$$\Delta T_{lm} = \text{diferencia de temperaturas medias logarítmicas} [^\circ C]$$

Primero, se va a hallar el área de transferencia de calor, se va a aplicar el cálculo realizado por Godoy [128] en el diseño de chaquetas térmicas:

$$A_{chaqueta} = \pi R^2 + 2\pi RH \quad \text{Ec. 20}$$

$$R = \text{radio del tanque} [m]$$

$$H = \text{altura de la chaqueta} [m]$$

Para hallar el área de la chaqueta, se debe conocer la altura del líquido en el tanque, esta altura se calcula a partir del volumen del líquido en el mezclador:

Considerar $h = H$

$$V = Ah \Rightarrow V = \pi(0,5 \times d)^2 \times h$$

$$\frac{35,7}{1000} = \pi(0,5 \times 0,389)^2 \times h$$

$$h = 0,3003 \text{ m} \equiv 30,03 \text{ cm}$$

$$A_{chaqueta} = \pi(0,389 \times 0,5)^2 + 2\pi(0,389 \times 0,5) \times 0,3003 = 0,486 \text{ m}^2$$

A continuación, se va a hallar la diferencia de temperaturas medias logarítmicas (Ecuación 1):

$$T_{lm} = \frac{(T_{hot\ out} - T_{cold\ out}) - (T_{hot\ in} - T_{cold\ in})}{\ln\left(\frac{T_{hot\ out} - T_{cold\ out}}{T_{hot\ in} - T_{cold\ in}}\right)} \quad Ec. 1$$

Donde:

$$T_{hot} = \text{temperatura del agua caliente } [^{\circ}C]$$

$$T_{cold} = \text{temperatura del fluido dentro del mezclador } [^{\circ}C]$$

$$\Delta T_{lm} = \frac{(80 - 75) - (130 - 20)}{\ln\left(\frac{80 - 75}{130 - 20}\right)} = 33,97 \text{ } ^{\circ}C$$

Se reemplazan los términos en la ecuación de transferencia de calor y se va a calcular el coeficiente global de transferencia de calor:

$$Q = U \times A \times \Delta T_{lm} \quad Ec. 19$$

$$\frac{2,02 \times 10^6 \text{ J}}{20 \times 60 \text{ s}} = U \times 0,486 \times 33,97$$

$$U = 101,962 \frac{W}{m^2 \times ^{\circ}C}$$

4.5.1.3. Mezclador 3

Se procede a hallar el volumen del tanque con el factor de dimensionamiento propuesto por Thomas Martin [126]:

$$V_{decolorante} = 75 L$$

$$75 L \times 1,3 = 97,5 L \equiv 0,0975 m^3$$

Según Mac Cabe [108], la relación de la altura y el diámetro de un mezclador es de 1 a 1. Entonces se realiza el siguiente cálculo (*Ecuación 18*):

$$V = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 h \equiv \frac{\pi}{4} d^3 \Rightarrow d = 0,499 m \equiv 49,9 cm$$

El cálculo del agua para el mezclador 3 del decolorante fue realizado previamente en los balances totales (ya que estaban todos los componentes participantes en la manufactura del decolorante) de energía de la *Sección 4.4*. La cantidad de agua caliente y de anticongelante necesaria para este tanque mezclador es de 59,775 kg y 93,809 kg respectivamente.

A partir de las dimensiones halladas del tanque, se va a realizar el dimensionamiento de la chaqueta térmica:

Considerar que el diámetro de la chaqueta térmica es de 50 mm [12]

Partimos con la ecuación de transferencia de calor [112]:

$$Q = U \times A \times \Delta T_{lm} \quad Ec. 19$$

$$U = \text{coeficiente global de transferencia de calor} \left[\frac{W}{m^2 \times ^\circ C} \right]$$

$$A = \text{área de transferencia de calor} [m^2]$$

$$\Delta T_{lm} = \text{diferencia de temperaturas medias logarítmicas} [^\circ C]$$

Primero, se va a hallar el área de transferencia de calor, se va a aplicar el cálculo realizado por Godoy [128] en el diseño de chaquetas térmicas:

$$A_{chaqueta} = \pi R^2 + 2\pi RH \quad Ec. 20$$

$$R = \text{radio del tanque [m]}$$

$$H = \text{altura de la chaqueta [m]}$$

Para hallar el área de la chaqueta, se debe conocer la altura del líquido en el tanque, esta altura se calcula a partir del volumen del líquido en el mezclador:

Considerar $h = H$

$$V = Ah \Rightarrow V = \pi(0,5 \times d)^2 \times h$$

$$\frac{75}{1000} = \pi(0,5 \times 0,499)^2 \times h$$

$$h = 0,3835 \text{ m} \equiv 38,35 \text{ cm}$$

$$A_{chaqueta} = \pi(0,499 \times 0,5)^2 + 2\pi(0,499 \times 0,5) \times 0,3835 = 0,797 \text{ m}^2$$

A continuación, se va a hallar la diferencia de temperaturas medias logarítmicas (Ecuación 1) para el calentamiento y el enfriamiento:

$$T_{lm} = \frac{(T_{hot\ out} - T_{cold\ out}) - (T_{hot\ in} - T_{cold\ in})}{\ln\left(\frac{T_{hot\ out} - T_{cold\ out}}{T_{hot\ in} - T_{cold\ in}}\right)} \quad Ec. 1$$

Donde:

$$T_{hot} = \text{temperatura del agua caliente [}^\circ\text{C]}$$

$$T_{cold} = \text{temperatura del fluido dentro del mezclador [}^\circ\text{C]}$$

$$\Delta T_{lm\ \text{calentamiento}} = \frac{(80 - 75) - (130 - 20)}{\ln\left(\frac{80 - 75}{130 - 20}\right)} = 33,97 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{lm \text{ enfriamiento}} = \frac{(25 - 20) - (75 - (-10))}{\ln \left(\frac{25 - 20}{75 - (-10)} \right)} = 28,24 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Se reemplazan los términos en la ecuación de transferencia de calor y se va a calcular el coeficiente global de transferencia de calor. Considerar que el tiempo de emulsión es de 75 minutos [79] [121]. Se van a considerar iguales a los tiempos de calentamiento y de enfriamiento.

$$Q = U \times A \times \Delta T_{lm} \quad \text{Ec. 19}$$

$$\text{Calentamiento} \Rightarrow \frac{12,511 \times 10^6 \text{ J}}{75 \times 0,5 \times 60 \text{ s}} = U \times 0,486 \times 33,97$$

$$U_{\text{calentamiento}} = 336,804 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \times ^\circ\text{C}}$$

$$\text{Enfriamiento} \Rightarrow \frac{11,503 \times 10^6 \text{ J}}{75 \times 0,5 \times 60 \text{ s}} = U \times 0,486 \times 28,24$$

$$U_{\text{enfriamiento}} = 372,501 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \times ^\circ\text{C}}$$

4.5.2. Tanques para producir tinte

Tomado como base el esquema planteado en la *Figura 30*, se va a realizar el dimensionamiento de los mezcladores para la producción de decolorante.

4.5.2.1. Mezclador 1

A partir de la *Tabla 27* se tiene la masa de la fase acuosa, la cual es 31,3444 kg. Luego se procedió a calcular el volumen de la mezcla mediante una regla de tres simple:

$$\frac{31,3444 \text{ kg fase acuosa tinte}}{49 \text{ kg tinte}} = \frac{L \text{ fase acuosa tinte}}{50 \text{ L tinte}}$$

$$V_{\text{fase acuosa tinte}} = 31,984 \text{ L}$$

Se procede a hallar el volumen del tanque con el factor de dimensionamiento propuesto por Thomas Martin [126]:

$$31,984 \text{ L} \times 1,3 = 41,579 \text{ L} \equiv 0,041579 \text{ m}^3$$

Según Mac Cabe [108], la relación de la altura y el diámetro de un mezclador es de 1 a 1. Entonces se realiza el siguiente cálculo (*Ecuación 18*):

$$V = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 h \equiv \frac{\pi}{4} d^3 \Rightarrow d = 0,375 \text{ m} \equiv 37,5 \text{ cm}$$

Luego se procede a calcular la cantidad de agua que va a pasar por la chaqueta térmica para calentar a la fase acuosa. Para ese cálculo, se aplica el mismo criterio usado en los balances de energía de todo el proceso: considerar sólo los compuestos con información disponible de sus propiedades térmicas (agua, etanol, propilenglicol, aceite de coco, resorcinol y monoetanolamina).

Se procede a hallar el trabajo otorgado por las paletas planas del mezclador 1:

$$\text{Velocidad Angular} = 40 \text{ RPM} = \frac{40 \times 2 \times \pi}{60} \text{ rad/s} \text{ [110]}$$

$$\text{Viscosidad dinámica} = 1,05562 \times 10^{-3} \text{ Pa} \times \text{s} \text{ (Calculado por ProMax)}$$

$$\text{Densidad} = 1004,93 \text{ kg/m}^3 \text{ (Calculado por ProMax)}$$

$$\text{Diámetro de agitador} = 0,375 \text{ m}$$

Se procede a calcular el número de Reynolds para el mezclador 1 (*Ecuación 16*):

$$Re = \frac{\rho v D^2}{\mu} = \frac{1025,5 \times \left(\frac{40 \times 2 \times \pi}{60}\right) \times (0,375)^2}{1,05562 \times 10^{-3}} = 560 \text{ 762,9945}$$

Se vuelve a usar la *Figura 34* para la correlación del Número de Potencia respecto al número de Reynolds, pero en este caso con la turbina de palas planas (curva 2).

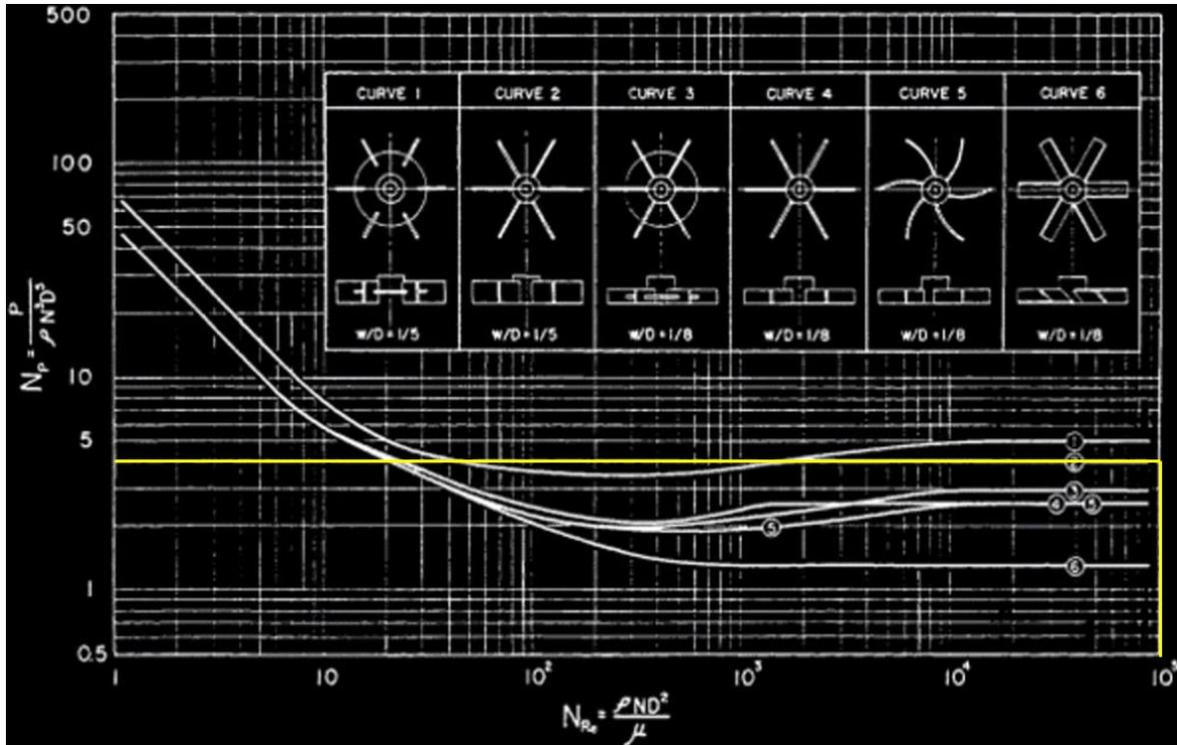


Figura 39: Correlación de números de potencia para el mezclador 1 del tinte (Adaptado de [127])

Debido a que el número de Reynolds obtenido es mayor a 10^5 , se extrapola el gráfico pero la curva 2 toma un valor constante. El Número de Potencia hallado es aproximadamente 4. El siguiente paso es calcular la potencia del equipo:

$$P = N_p n^3 D_a^5 \rho = 4 \times \left(\frac{40}{60}\right)^3 \times 0,375^5 \times 1004,93 = 8,832 \text{ W}$$

P: potencia de agitación del impulsor [W]

n = velocidad de rotación [rps]

Da = diámetro del agitador [m]

ρ = densidad del fluido [kg/m³]

$N_p = \text{número de potencia}$

El tiempo de operación del mezclador de la fase acuosa es de 20 minutos [15]. Entonces se calcula el trabajo del agitador.

$$8,832 \text{ W} \times 20 \text{ min} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} \times \frac{1 \text{ kJ}}{1000 \text{ J}} = 10,5984 \text{ kJ}$$

Una vez hallado el trabajo otorgado por el agitador, se procede a calcular el calor mediante el balance de energía:

$$Q_{\text{Agua}} = (31,3444 \times \frac{82,56}{84,52} \times 4,186 \times (75 - 20)) + 10,5984 = 7,06 \text{ MJ}$$

$$Q_{\text{Resorcinol}} = (31,3444 \times \frac{1,97}{84,52} \times 2,12383 \times (75 - 20)) + 10,5984 = 0,096 \text{ MJ}$$

$$Q_{\text{Total}} = 7,156 \text{ MJ}$$

Se procede a realizar el balance de energía para el agua de calentamiento. La corriente de agua no recibe ni otorga trabajo.

$$Q = m \times c_p \times \Delta T \quad \text{Ec. 15}$$

$$-7156 = m \times 4,186 \times (80 - 130)$$

$$m = 34,19 \text{ kg}$$

A partir de las dimensiones halladas del tanque, se va a realizar el dimensionamiento de la chaqueta térmica:

Considerar que el diámetro de la chaqueta térmica es de 50 mm [12]

Partimos con la ecuación de transferencia de calor [112]:

$$Q = U \times A \times \Delta T_{lm} \quad \text{Ec. 19}$$

$$U = \text{coeficiente global de transferencia de calor} \left[\frac{W}{m^2 \times ^\circ C} \right]$$

$$A = \text{área de transferencia de calor} [m^2]$$

$$\Delta T_{lm} = \text{diferencia de temperaturas medias logarítmicas} [^\circ C]$$

Primero, se va a hallar el área de transferencia de calor, se va a aplicar el cálculo realizado por Godoy [128] en el diseño de chaquetas térmicas:

$$A_{chaqueta} = \pi R^2 + 2\pi RH \quad \text{Ec. 20}$$

$$R = \text{radio del tanque} [m]$$

$$H = \text{altura de la chaqueta} [m]$$

Para hallar el área de la chaqueta, se debe conocer la altura del líquido en el tanque, esta altura se calcula a partir del volumen del líquido en el mezclador:

Considerar $h = H$

$$V = Ah \Rightarrow V = \pi(0,5 \times d)^2 \times h$$

$$\frac{31,984}{1000} = \pi(0,5 \times 0,375)^2 \times h$$

$$h = 0,2896 \text{ m} \equiv 28,96 \text{ cm}$$

$$A_{chaqueta} = \pi(0,375 \times 0,5)^2 + 2\pi(0,375 \times 0,5) \times 0,2896 = 0,452 \text{ m}^2$$

A continuación, se va a hallar la diferencia de temperaturas medias logarítmicas (Ecuación 1):

$$T_{lm} = \frac{(T_{hot\ out} - T_{cold\ out}) - (T_{hot\ in} - T_{cold\ in})}{\ln\left(\frac{T_{hot\ out} - T_{cold\ out}}{T_{hot\ in} - T_{cold\ in}}\right)} \quad Ec. 1$$

Donde:

$$T_{hot} = \text{temperatura del agua caliente } [^{\circ}C]$$

$$T_{cold} = \text{temperatura del fluido dentro del mezclador } [^{\circ}C]$$

$$\Delta T_{lm} = \frac{(80 - 75) - (130 - 20)}{\ln\left(\frac{80 - 75}{130 - 20}\right)} = 33,97\ ^{\circ}C$$

Se reemplazan los términos en la ecuación de transferencia de calor y se va a calcular el coeficiente global de transferencia de calor:

$$Q = U \times A \times \Delta T_{lm} \quad Ec. 19$$

$$\frac{7,156 \times 10^6\ J}{20 \times 60\ s} = U \times 0,452 \times 33,97$$

$$U = 388,378 \frac{W}{m^2 \times ^{\circ}C}$$

4.5.2.2. Mezclador 2

A partir de la *Tabla 27* se tiene la masa de la fase oleosa, la cual es de 10,78 kg. Luego se procedió a calcular el volumen de la mezcla mediante una regla de tres simple:

$$\frac{10,78\ kg\ fase\ oleosa\ tinte}{49\ kg\ tinte} = \frac{L\ fase\ oleosa\ tinte}{50\ L\ tinte}$$

$$V_{fase\ oleosa\ tinte} = 11\ L$$

Se procede a hallar el volumen del tanque con el factor de dimensionamiento propuesto por Thomas Martin [126]:

$$11 L \times 1,3 = 14,3 L \equiv 0,0143 m^3$$

Según Mac Cabe [108], la relación de la altura y el diámetro de un mezclador es de 1 a 1. Entonces se realiza el siguiente cálculo (*Ecuación 18*):

$$V = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 h \equiv \frac{\pi}{4} d^3 \Rightarrow d = 0,263 m \equiv 26,3 cm$$

Luego se procede a calcular la cantidad de agua que va a pasar por la chaqueta térmica para calentar a la fase oleosa. Para ese cálculo, se aplica el mismo criterio usado en los balances de energía de todo el proceso: considerar sólo los compuestos con información disponible de sus propiedades térmicas (propilenglicol y aceite de coco).

$$Q = (m \times c_p \times \Delta T) + W \quad Ec. 15$$

Se procede a hallar el trabajo otorgado por el agitador de paletas planas del mezclador 2:

$$Velocidad Angular = 40 RPM = \frac{40 \times 2 \times \pi}{60} rad/s \quad [66]$$

$$Viscosidad dinámica = 3,204875 \times 10^{-2} Pa \times s \quad (\text{Calculado por ProMax})$$

$$Densidad = 1003,17 kg/m^3 \quad (\text{Calculado por ProMax})$$

$$Diámetro de agitador = 0,263 m$$

Se procede a calcular el número de Reynolds para el mezclador 2 (*Ecuación 16*):

$$Re = \frac{\rho v D^2}{\mu} = \frac{1003,17 \times \left(\frac{40 \times 2 \times \pi}{60}\right) \times (0,263)^2}{3,204875 \times 10^{-2}} = 9069,086558$$

Se vuelve a usar la *Figura 34* para la correlación del Número de Potencia respecto al número de Reynolds para el caso de las paletas planas (curva 2).

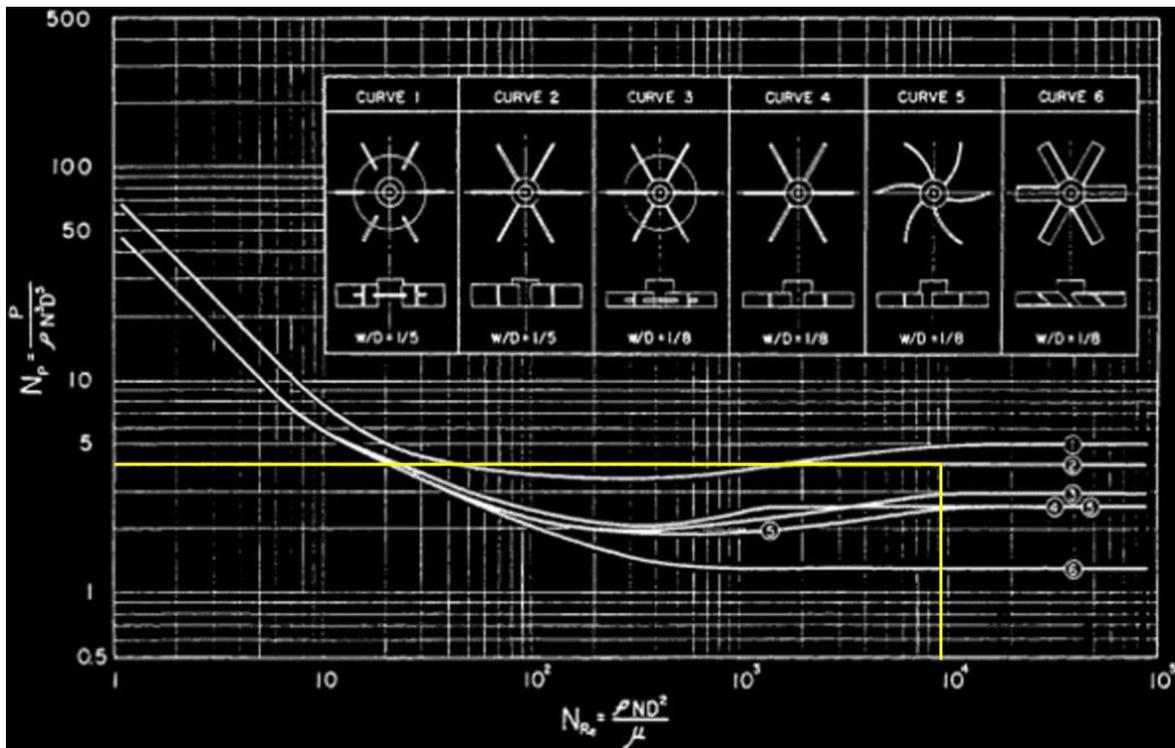


Figura 40: Correlación de números de potencia para el mezclador 2 del decolorante (Adaptado de [127])

Según la Figura 40, el Número de Potencia es aproximadamente 4. El siguiente paso es calcular la potencia del equipo:

$$P = N_p n^3 D_a^5 \rho = 4 \times \left(\frac{40}{60}\right)^3 \times 0,263^5 \times 1003,17 = 1,496 \text{ W}$$

P : potencia de agitación del impulsor [W]

n = velocidad de rotación [rps]

D_a = diámetro del agitador [m]

ρ = densidad del fluido [kg/m^3]

N_p = número de potencia

El tiempo de operación del mezclador de la fase oleosa es de 20 minutos, debido a que se está asumiendo el mismo tiempo de mezclado que la fase acuosa [15]. Entonces se calcula el trabajo del agitador.

$$1,496 \text{ W} \times 20 \text{ min} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} \times \frac{1 \text{ kJ}}{1000 \text{ J}} = 1,7952 \text{ kJ}$$

Una vez hallado el trabajo otorgado por el agitador, se procede a calcular el calor mediante el balance de energía:

$$Q_{\text{Aceite de Coco}} = (10,78 \times \frac{69,33}{99,79} \times 1,67 \times (75 - 20)) + 1,7952 = 0,689 \text{ MJ}$$

$$Q_{\text{Propilenglicol}} = (10,78 \times \frac{30,46}{99,79} \times 2,327 \times (75 - 20)) + 1,496 = 0,423 \text{ MJ}$$

$$Q_{\text{Total}} = 1,112 \text{ MJ}$$

Se procede a realizar el balance de energía para el agua de calentamiento. La corriente de agua no recibe ni otorga trabajo.

$$Q = m \times c_p \times \Delta T \quad \text{Ec. 15}$$

$$-1112 = m \times 4,186 \times (80 - 130)$$

$$m = 5,313 \text{ kg}$$

A partir de las dimensiones halladas del tanque, se va a realizar el dimensionamiento de la chaqueta térmica:

Considerar que el diámetro de la chaqueta térmica es de 50 mm [12]

Partimos con la ecuación de transferencia de calor [112]:

$$Q = U \times A \times \Delta T_{lm} \quad Ec. 19$$

$$U = \text{coeficiente global de transferencia de calor} \left[\frac{W}{m^2 \times ^\circ C} \right]$$

$$A = \text{área de transferencia de calor} [m^2]$$

$$\Delta T_{lm} = \text{diferencia de temperaturas medias logarítmicas} [^\circ C]$$

Primero, se va a hallar el área de transferencia de calor, se va a aplicar el cálculo realizado por Godoy [128] en el diseño de chaquetas térmicas:

$$A_{chaqueta} = \pi R^2 + 2\pi RH \quad Ec. 20$$

$$R = \text{radio del tanque} [m]$$

$$H = \text{altura de la chaqueta} [m]$$

Para hallar el área de la chaqueta, se debe conocer la altura del líquido en el tanque, esta altura se calcula a partir del volumen del líquido en el mezclador:

Considerar $h = H$

$$V = Ah \Rightarrow V = \pi(0,5 \times d)^2 \times h$$

$$\frac{11}{1000} = \pi(0,5 \times 0,263)^2 \times h$$

$$h = 0,2025 \text{ m} \equiv 20,25 \text{ cm}$$

$$A_{chaqueta} = \pi(0,263 \times 0,5)^2 + 2\pi(0,263 \times 0,5) \times 0,2025 = 0,222 \text{ m}^2$$

A continuación, se va a hallar la diferencia de temperaturas medias logarítmicas (Ecuación 1):

$$T_{lm} = \frac{(T_{hot\ out} - T_{cold\ out}) - (T_{hot\ in} - T_{cold\ in})}{\ln\left(\frac{T_{hot\ out} - T_{cold\ out}}{T_{hot\ in} - T_{cold\ in}}\right)} \quad Ec. 1$$

Donde:

$$T_{hot} = \text{temperatura del agua caliente } [^{\circ}\text{C}]$$

$$T_{cold} = \text{temperatura del fluido dentro del mezclador } [^{\circ}\text{C}]$$

$$\Delta T_{lm} = \frac{(80 - 75) - (130 - 20)}{\ln\left(\frac{80 - 75}{130 - 20}\right)} = 33,97^{\circ}\text{C}$$

Se reemplazan los términos en la ecuación de transferencia de calor y se va a calcular el coeficiente global de transferencia de calor:

$$Q = U \times A \times \Delta T_{lm} \quad \text{Ec. 19}$$

$$\frac{1,113 \times 10^6 \text{ J}}{20 \times 60 \text{ s}} = U \times 0,222 \times 33,97$$

$$U = 122,989 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \times ^{\circ}\text{C}}$$

4.5.2.3. Mezclador 3

Se procede a hallar el volumen del tanque con el factor de dimensionamiento propuesto por Thomas Martin [126]:

$$V_{tinte} = 50 \text{ L}$$

$$50 \text{ L} \times 1,3 = 65 \text{ L} \equiv 0,065 \text{ m}^3$$

Según Mac Cabe [108], la relación de la altura y el diámetro de un mezclador es de 1 a 1. Entonces se realiza el siguiente cálculo (*Ecuación 18*):

$$V = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 h \equiv \frac{\pi}{4} d^3 \Rightarrow d = 0,436 \text{ m} \equiv 43,6 \text{ cm}$$

El cálculo del agua para el mezclador 3 del tinte fue realizado previamente en los balances totales (ya que estaban todos los componentes participantes en la manufactura del

tinte) de energía de la *Sección 4.4*. La cantidad de agua caliente y anticongelante necesaria para este tanque mezclador es de 51,008 kg y 40,972 kg respectivamente.

A partir de las dimensiones halladas del tanque, se va a realizar el dimensionamiento de la chaqueta térmica:

Considerar que el diámetro de la chaqueta térmica es de 50 mm [12]

Partimos con la ecuación de transferencia de calor [112]:

$$Q = U \times A \times \Delta T_{lm} \quad \text{Ec. 19}$$

$$U = \text{coeficiente global de transferencia de calor} \left[\frac{W}{m^2 \times ^\circ C} \right]$$

$$A = \text{área de transferencia de calor} [m^2]$$

$$\Delta T_{lm} = \text{diferencia de temperaturas medias logarítmicas} [^\circ C]$$

Primero, se va a hallar el área de transferencia de calor, se va a aplicar el cálculo realizado por Godoy [128] en el diseño de chaquetas térmicas:

$$A_{chaqueta} = \pi R^2 + 2\pi RH \quad \text{Ec. 20}$$

$$R = \text{radio del tanque} [m]$$

$$H = \text{altura de la chaqueta} [m]$$

Para hallar el área de la chaqueta, se debe conocer la altura del líquido en el tanque, esta altura se calcula a partir del volumen del líquido en el mezclador:

Considerar $h = H$

$$V = Ah \Rightarrow V = \pi(0,5 \times d)^2 \times h$$

$$\frac{50}{1000} = \pi(0,5 \times 0,436)^2 \times h$$

$$h = 0,3349 \text{ m} \equiv 33,49 \text{ cm}$$

$$A_{chaqueta} = \pi(0,436 \times 0,5)^2 + 2\pi(0,436 \times 0,5) \times 0,3349 = 0,608 \text{ m}^2$$

A continuación, se va a hallar la diferencia de temperaturas medias logarítmicas (Ecuación 1) para el calentamiento y el enfriamiento:

$$T_{lm} = \frac{(T_{hot\ out} - T_{cold\ out}) - (T_{hot\ in} - T_{cold\ in})}{\ln\left(\frac{T_{hot\ out} - T_{cold\ out}}{T_{hot\ in} - T_{cold\ in}}\right)} \quad Ec. 1$$

Donde:

$$T_{hot} = \text{temperatura del agua caliente } [^{\circ}\text{C}]$$

$$T_{cold} = \text{temperatura del fluido dentro del mezclador } [^{\circ}\text{C}]$$

$$\Delta T_{lm\ \text{calentamiento}} = \frac{(80 - 75) - (130 - 20)}{\ln\left(\frac{80 - 75}{130 - 20}\right)} = 33,97 \text{ } ^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{lm\ \text{enfriamiento}} = \frac{(25 - 20) - (75 - (-10))}{\ln\left(\frac{25 - 20}{75 - (-10)}\right)} = 28,24 \text{ } ^{\circ}\text{C}$$

Se reemplazan los términos en la ecuación de transferencia de calor y se va a calcular el coeficiente global de transferencia de calor. Considerar que el tiempo de emulsión es de 75 minutos [79] [121]. Se van a considerar iguales a los tiempos de calentamiento y de enfriamiento.

$$Q = U \times A \times \Delta T_{lm} \quad Ec. 19$$

$$\text{Calentamiento} \Rightarrow \frac{10,676 \times 10^6 \text{ J}}{75 \times 0,5 \times 60 \text{ s}} = U \times 0,608 \times 33,97$$

$$U_{\text{calentamiento}} = 229,735 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \times ^{\circ}\text{C}}$$

$$\text{Enfriamiento} \Rightarrow \frac{(4,602 + 1,106) \times 10^6 \text{ J}}{75 \times 0,5 \times 60 \text{ s}} = U \times 0,608 \times 28,24$$

$$U_{\text{enfriamiento}} = 147,752 \frac{W}{m^2 \times ^\circ C}$$

4.6. Agua para el calentamiento de los mezcladores

Se realizó una simulación en el software ProMax de la circulación del agua asignada para el calentamiento de los tanques mezcladores. Se usó el paquete termodinámico NBS Steam Tables ya que el único componente que se está utilizando en la simulación es agua y es el paquete que da datos con mayor precisión respecto a procesos donde el agua es el único participante [83].

Es necesario conocer la cantidad de agua que se va a calentar para distribuir a los mezcladores y elevar su temperatura. Se considera que el agua se calienta mediante resistencias eléctricas.

Como se especificó previamente, el fluido de calentamiento va a estar a 130°C y a 3 bares estas condiciones fueron elegidas ya que el agua se encuentra como líquido comprimido [111]. Se va a considerar una diferencia de temperatura de 50°C con la finalidad de no usar agua en exceso, entonces la temperatura de salida del agua es de 80 °C.

Primero, se recopilaron las cantidades de agua que necesita cada tanque mezclador y el tiempo de calentamiento.

Mezclador	m [kg]	t [min]	m° [kg/min]
Decolorante 1	35,528	20	1,776
Decolorante 2	9,651	20	0,483
Decolorante 3	59,775	75	0,797
Tinte 1	34,190	20	1,710
Tinte 2	5,313	20	0,266
Tinte 3	51,008	75	0,680
TOTAL			5,711

Tabla 29: Masa de agua en los mezcladores del proceso con sus respectivos flujos másicos

La Figura 41 muestra los resultados obtenidos de la simulación en ProMax.

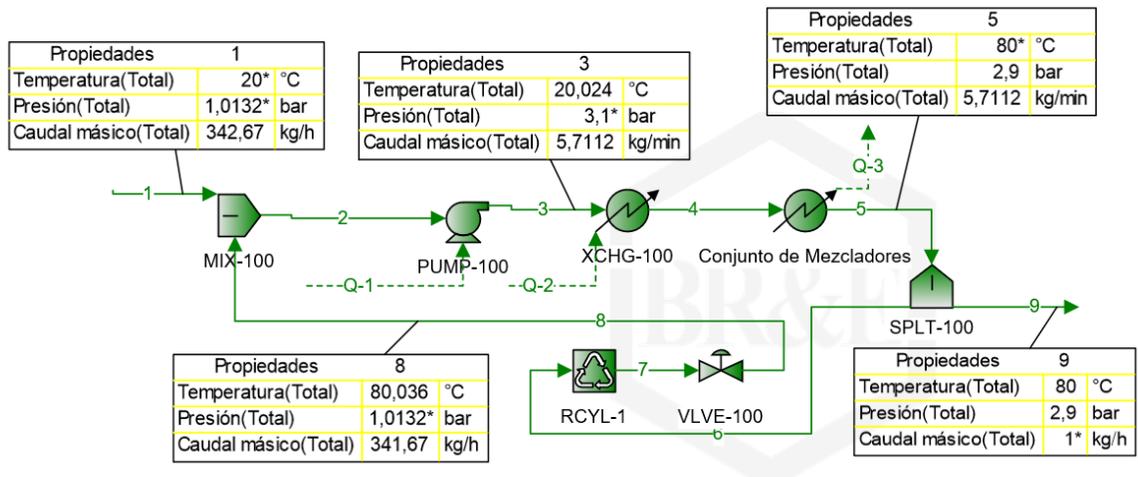


Figura 41: Simulación en ProMax del sistema de calentamiento de equipos

Hay un intercambiador de calor en la simulación que representa la caída de temperatura del agua presurizada al transferir calor a los mezcladores. También se está considerando una recirculación del agua en uso con la finalidad de ahorrar agua. La entrada y salida de agua al sistema es de 1 kg/h.

$$Q^{\circ}_{bomba} = 29,195 W$$

$$Q^{\circ}_{IC \text{ calentamiento}} = 20154,3 \text{ W}$$

4.7. Ciclo de Refrigeración

Se realizó una simulación en el software ProMax del ciclo de refrigeración usado para enfriar el anticongelante. Se usó el paquete termodinámico NRTL-SRK debido a que se está usando líquidos de estructuras moleculares diferentes unas entre otras [83]. Se va a usar amoníaco como fluido refrigerante. Para este componente, se aplican las ecuaciones SRK que son parte del paquete termodinámico elegido. Se considera que el tiempo de uso es de 30 minutos (tiempo para el enfriado de los tanques de emulsión), entonces se ingresa el flujo de masa por hora equivalente en la simulación.

Es necesario conocer el calor transferido para poder hallar el área de transferencia de calor y mediante este dato obtener la estimación del costo.

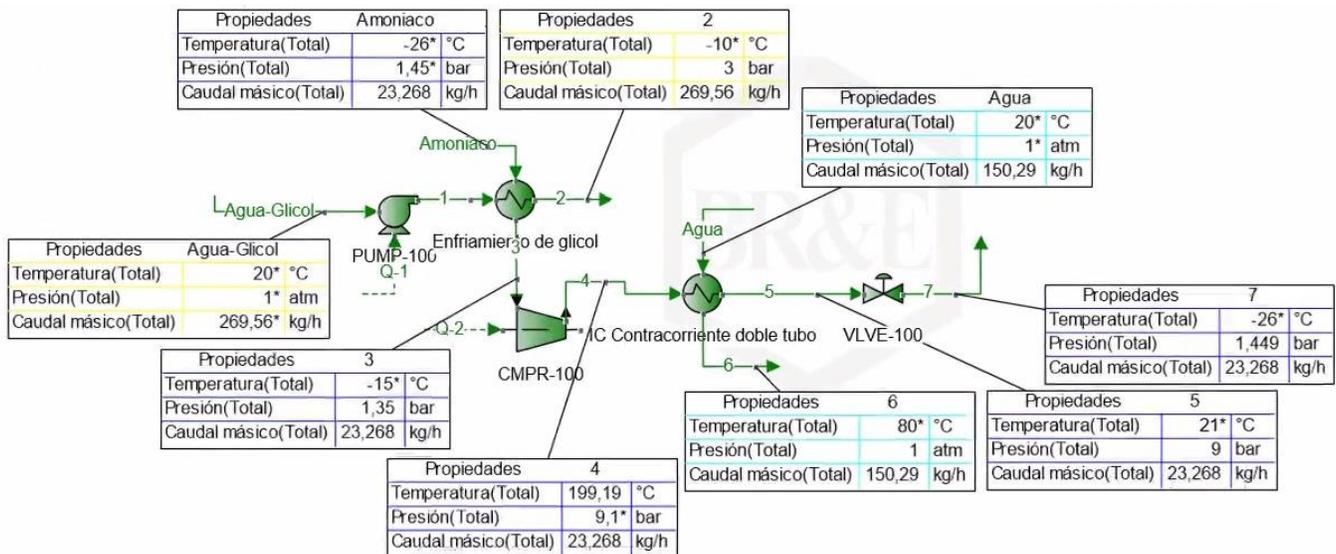


Figura 42: Simulación en ProMax del ciclo de refrigeración

En base a lo requerido, se realizó la simulación mostrada en la *Figura 42*. En la simulación, las presiones del amoniaco han sido elegidas debido a su cercanía a la saturación de este componente [108]. Se ha considerado una pérdida de presión de 0,1 bar en los intercambiadores de calor. También muestran los datos para hallar el calor transferido en los intercambiadores de calor y la potencia necesaria para elevar la presión del amoniaco (considerando que la eficiencia politrópica del compresor es de 70 % [129]).

$$Q^{\circ}_{bomba} = 21,852 \text{ W}$$

$$Q^{\circ}_{compresor} = 3012,14 \text{ W}$$

$$Q^{\circ}_{IC \text{ enfriamiento glicol/agua}} = 8,844 \text{ kW}$$

$$Q^{\circ}_{IC \text{ condensador contracorriente}} = 10,475 \text{ kW}$$

Una vez hallados los calores transferidos en los intercambiadores de calor, se procede a hallar la temperatura media logarítmica (*Ecuación 1*) de los equipos de transferencia de calor.

$$T_{lm} = \frac{(T_{hot \ out} - T_{cold \ out}) - (T_{hot \ in} - T_{cold \ in})}{\ln \left(\frac{T_{hot \ out} - T_{cold \ out}}{T_{hot \ in} - T_{cold \ in}} \right)} \quad Ec. 1$$

$$\Delta T_{lm} = \frac{(-10 - (-15)) - (20 - (-26))}{\ln \left(\frac{-10 - (-15)}{20 - (-26)} \right)} = 18,475$$

Para el intercambiador de calor que se encarga de enfriar al anticongelante:

El fluido frío es el amoniaco y el fluido caliente es el anticongelante. El coeficiente global de transferencia de calor es de $110 \frac{W}{m^2 \times ^{\circ}C}$ [12].

$$Q [W] = U \left[\frac{W}{m^2 \times ^{\circ}C} \right] \times A [m^2] \times \Delta T_{lm} [^{\circ}C] \quad Ec. 19$$

Con este dato se reemplaza en la *Ecuación 19* para hallar el área de transferencia de calor.

$$8365,11 = 110 \times A \times 18,4751$$

$$A_{IC \text{ enfriamiento glicol/agua}} = 4,177 \text{ m}^2$$

Para el intercambiador de calor que se encarga de condensar al amoniaco:

Este intercambiador de calor es de tubo doble y va en contracorriente, esto permite el cruce de temperaturas. El fluido frío es el agua que inicialmente está a temperatura ambiente y el fluido caliente es el amoniaco. El coeficiente global de transferencia de calor es de $75 \frac{W}{m^2 \times ^\circ C}$ [12].

$$\Delta T_{lm} = \frac{(T_{hot \ out} - T_{cold \ in}) - (T_{hot \ in} - T_{cold \ out})}{\ln \left(\frac{T_{hot \ out} - T_{cold \ in}}{T_{hot \ in} - T_{cold \ out}} \right)} \quad Ec. 1$$

$$\Delta T_{lm} = \frac{(21 - 20) - (183,61 - 80)}{\ln \left(\frac{21 - 20}{183,61 - 80} \right)} = 22,111$$

Con este dato se reemplaza en la *Ecuación 19* para hallar el área de transferencia de calor.

$$9679,06 = 75 \times A \times 22,111$$

$$A_{IC \text{ enfriamiento amoniaco}} = 5,837 \text{ m}^2$$

4.8. Planificación

A partir de la *Figura 16* y los diagramas BFD (*Figuras 29 y 30*) de la manufactura del decolorante y del tinte, la *Figura 43* muestra la esquematización total de la manufactura del producto de cambio de coloración de cabello, donde se incluye el embotellado y el empaquetado del producto final.

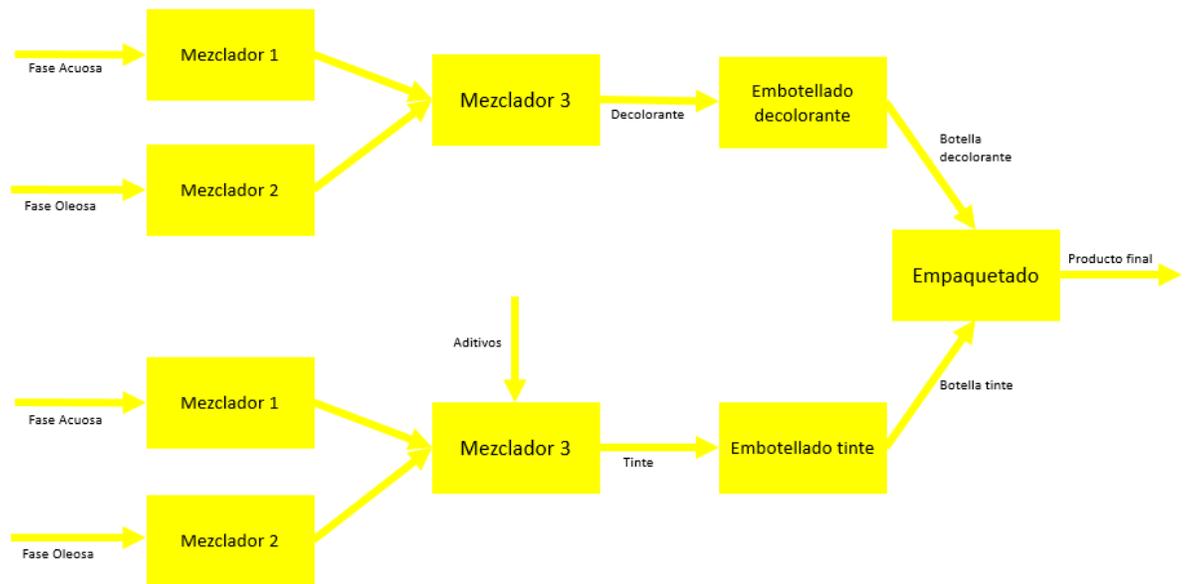


Figura 43: Esquema completo de manufactura de las cajas de cambio de coloración de cabello

4.8.1. Llenado de cada mezclador (tinte y decolorante)

Se realizó una prueba empírica para conocer el flujo volumétrico del agua a partir del tiempo para llenar una jarra con 1 litro de agua (esto se considera para la fase acuosa). La tubería es de 0,75 pulgadas de diámetro.

$$\text{tiempo de llenado de 1 L de agua} = 7,83 \text{ s}$$

$$\text{caudal de llenado} = 1 \text{ L} / 7,83 \text{ s} = 0,1277 \text{ L/s}$$

A partir de este dato, se va a calcular el tiempo de llenado de los tanques de la fase acuosa del decolorante y del tinte:

masa de agua para la fase acuosa par el decolorante: 17,26515 kg

$$\begin{aligned}
 & \text{tiempo de llenado}_{\text{decolorante}} \\
 &= 17,26515 \text{ kg}_{\text{Agua}} \times \frac{1 \text{ m}^3_{\text{Agua}}}{997 \text{ kg}_{\text{Agua}}} \times \frac{1000 \text{ L}_{\text{Agua}}}{1 \text{ m}^3_{\text{Agua}}} \times \frac{1 \text{ s}}{0,1277 \text{ L}_{\text{Agua}}} \\
 & \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 2,26 \text{ min}
 \end{aligned}$$

masa de agua para la fase acuosa par el tinte: 25,8769 kg

$$\begin{aligned}
 & \text{tiempo de llenado}_{\text{tinte}} \\
 &= 25,8769 \text{ kg}_{\text{Agua}} \times \frac{1 \text{ m}^3_{\text{Agua}}}{997 \text{ kg}_{\text{Agua}}} \times \frac{1000 \text{ L}_{\text{Agua}}}{1 \text{ m}^3_{\text{Agua}}} \times \frac{1 \text{ s}}{0,1277 \text{ L}_{\text{Agua}}} \\
 & \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 3,39 \text{ min}
 \end{aligned}$$

Para los otros componentes de la fase acuosa se puede despreciar el tiempo de llenado, ya que están almacenados en baldes (componentes líquidos) o en sacos (componentes sólidos) y las cantidades a usar son considerablemente menores al agua. Sin embargo, se debe realizar un pesado previo de todos los insumos para poder introducir la cantidad adecuada en el mezclador, el cual también se puede despreciar el tiempo de llenado del mezclador, ya que es mucho menor que los otros pasos del proceso que se va a mencionar en las secciones siguientes.

Si se considera que hay 1 trabajador encargado para cada proceso, se puede considerar sólo el tiempo mayor (los 3,39 minutos para el llenado del mezclador 1 del tinte) para el llenado de los tanques de fase acuosa para cada proceso.

Para la fase oleosa, debido a que el contenido es menor al del agua, sólo sería voltear un balde (si el compuesto es líquido) o abrir un saco (si el compuesto es sólido), el tiempo de pesado se puede despreciar porque no es significativo respecto al tiempo de calentamiento y mezclado (el cual es mucho mayor).

4.8.2. Calentamiento y mezclado

El tiempo en que demora en calentar y mezclar cada tanque oscila entre 50 y 75 minutos. Este dato está basado en el proceso de mezclado de la empresa paraguaya Unión S.R.L [79] y la investigación realizada por Mercedes Luna en 2017 [121]. Este tiempo se puede dividir en 2 partes:

- ❖ Tiempos de mezclado para las fases acuosa y oleosa, (ya que son en paralelo): 20 minutos [15].
- ❖ Tiempo de emulsión (tanque 3): 75 minutos

Se está considerando que las manufacturas del decolorante y del tinte se están realizando al mismo tiempo.

4.8.3. Vaciado de tanque

El tiempo de vaciado del tanque de la fase acuosa en cada manufactura se puede considerar igual al tiempo de llenado de agua a los tanques (2,26 minutos para el decolorante y 3,39 minutos para el tinte). Si se considera que hay 1 trabajador encargado para cada proceso, se puede considerar sólo el tiempo mayor (los 3,39 minutos para el vaciado del mezclador 1 del tinte) para el vaciado de los tanques de fase acuosa para cada proceso. Se puede despreciar el tiempo de descarga de la fase oleosa, debido a que las cantidades son mucho menores en relación a la fase acuosa. El tiempo de vaciado del tanque de emulsión (mezclador 3 para cada sub proceso), se puede despreciar, ya que de ahí se extraen porciones que se insertarán en jeringas que inyectarán la crema en sus respectivas botellas.

Cabe resaltar que los tanques 1 y 2 de cada manufactura van a tener un tubo en la parte inferior para hacer la descarga en el mezclador 3 de su respectivo proceso. El paso de las fases acuosa y oleosa estarán controlados por una válvula check de manipulación manual. La tubería de descarga de estos tanques tiene 19,05 mm (0,75 pulgadas) de diámetro. Se eligió esta medida ya que es la medida más común en tuberías.

4.8.4. Limpieza de mezclador

Según la empresa inglesa BASCA [130], el tiempo promedio de limpieza de tanques es de 30 minutos si es que se realiza de forma manual.

$$\textit{tiempo de lavado [min]} = 2 \times 30 \times 3 = 180 \textit{ min} = 3 \textit{ h}$$

El tiempo hallado es válido si es que sólo hay un operario que se encarga de lavar los 6 tanques de todo el proceso.

4.8.5. Llenado de botellas (tinte y decolorante)

Con ayuda de la empresa de cosméticos artesanales Aroma de los Andes [131] se pudo estimar el tiempo de llenado de botellas. En el proceso que realiza Aroma de los Andes, utilizan jeringas para inyectar la crema en sus frascos. El tiempo de llenado que emplean es de 1 minuto para cada botella de 150 mL. Esta información fue utilizada en el desarrollo de la tesis para los envases del decolorante (75 mL) donde el tiempo de llenado de una botella es de 30 segundos y para el tinte (50 mL) es de 20 segundos por frasco.

4.8.6. Empaquetado

El empaquetado se va a realizar de forma manual. El cálculo del tiempo de empaquetado por caja se hizo de forma empírica. La prueba fue realizada con una caja de

cartón medianamente llena, un cronómetro y un par de objetos que calzaban con las dimensiones del volumen restante disponible. El tiempo de empaquetado fue de 3 segundos.

4.8.7. Tiempo total de manufactura

El tiempo total de la manufactura es la sumatoria de todos los pasos del proceso nombrados previamente. No se va a considerar el tiempo del lavado para este cálculo, debido a que, si es que se realizan más lotes de 1000 cajas, sólo se tendría que lavar los tanques una vez terminada la jornada diaria. Otro detalle a tener en cuenta es que se está asumiendo que sólo hay 1 trabajador para la etapa de llenado y 1 operario para la etapa de empaquetado.

El tiempo de manufactura tiene como sumandos a:

- ❖ Tiempo de llenado de tanques: 3,39 min
- ❖ Tiempo de calentamiento y mezclado: 20 min de mezclado para cada fase y 75 min de mezclado
- ❖ Tiempo de vaciado: 3,39 min
- ❖ Tiempo de llenado de botellas: 20 segundos para el tinte y 30 segundos para el decolorante, se hace 1000 veces
- ❖ Tiempo de empaquetado: 3 segundos, se hace 1000 veces

$$\begin{aligned} \text{tiempo de manufactura [min]} &= 3,39 \times 2 + 95 + \frac{(20 + 30) \times 1000}{60} + \frac{3 \times 1000}{60} \\ &= 985,11 \text{ min} \end{aligned}$$

$$\text{tiempo de manufactura} = 985,11 \text{ min} = 16,42 \text{ h}$$

Para reducir el tiempo de manufactura, debe haber más trabajadores en el área de llenado y de empaquetado. Si se quisiera producir un lote de 1000 cajas diario, considerando una jornada de 8 horas laborales, de las cuales 1 hora es dedicada para el almuerzo y descanso para los trabajadores, se realiza la siguiente modificación del cálculo del tiempo de manufactura:

$$\text{tiempo de manufactura [min]} = \left(101,78 + \frac{50000}{60x} + \frac{3000}{60y}\right) \div 60 \approx 420 \text{ min} \quad \text{Ec. 21}$$

Donde:

$x \rightarrow$ número de trabajadores en el llenado de botellas

$y \rightarrow$ número de trabajadores en el empaquetado

Restricciones:

$$x > 0 ; x \in \mathbb{N}$$

$$y > 0 ; y \in \mathbb{N}$$

Tiempo [h]	y			
	1	2	3	4
1	16,42	16,00	15,86	15,79
2	9,47	9,06	8,92	8,85
3	7,16	6,74	6,60	6,53
4	6,00	5,59	5,45	5,38

Tabla 30: Optimización de trabajadores en las áreas de llenado y empaquetado

A partir de los cálculos de la *Tabla 30*, se puede apreciar que hay un mayor impacto en el tiempo de llenado de botellas, en comparación con el empaquetado. Al aumentar la cantidad de operarios del área de llenado de botellas, cada vez el impacto en el tiempo será menor. El número de trabajadores óptimo son 4 para la zona de llenado de botellas y 1

trabajador para la zona de empaquetado. Ya que se minimiza la cantidad de trabajadores y el tiempo es menor o igual a 6 horas. La séptima hora se puede asignar para la supervisión de procesos y limpieza de equipos y del entorno de trabajo.

A partir de la cantidad total de trabajadores hallada previamente, estos operarios también cumplirán las funciones de llenado de tanques, configuración de los mezcladores para que calienten y hagan el mezclado y también se van a encargar de la limpieza de equipos. A continuación, se va a agregar el tiempo de limpieza al tiempo activo de la jornada diaria. El tiempo de limpieza por tanque son 30 minutos, el proceso tiene 6 tanques y todos los trabajadores se encargan de realizar la limpieza de los tanques.

$$\text{tiempo activo [min]} = 101,78 + \frac{50000}{60x} + \frac{3000}{60y} + \frac{180}{x+y} \quad \text{Ec. 22}$$

Donde:

$$x = 4$$

$$y = 1$$

$$\text{tiempo activo} = 396,11 \text{ min} = 6,6 \text{ h} = 6 \text{ horas y } 36 \text{ minutos}$$

La *Figura 44* muestra la planificación completa de una jornada laboral para elaborar 1000 cajas de tinte en 1 día.

Actividades de una jornada diaria

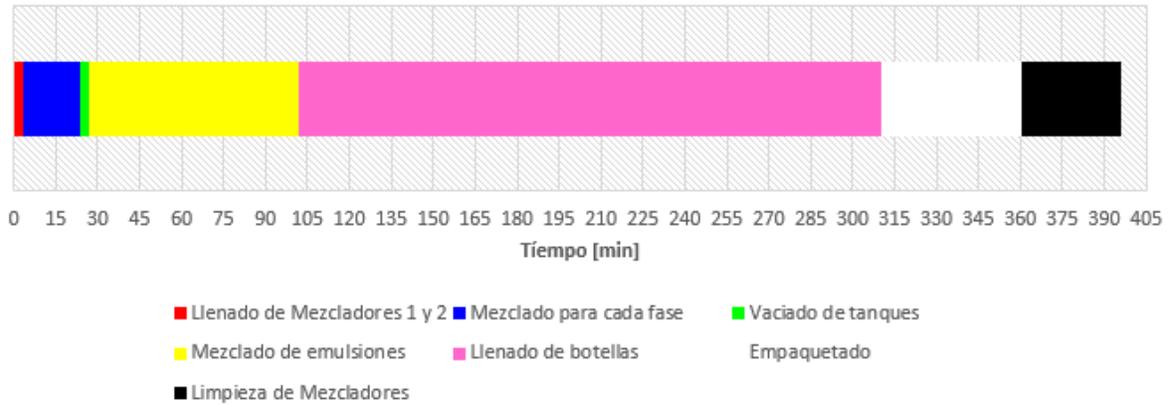


Figura 44: Planificación de la jornada laboral

Al notar que el tiempo de llenado de botellas es la actividad más lenta (3 horas y 28 minutos), se va a optar por adquirir 2 máquinas embotelladoras, una para el decolorante y otra para el tinte. La capacidad de esta máquina es de 3000 botellas por hora [132], lo cual equivale a 50 botellas por minuto. En otras palabras, la máquina termina de embotellar todo un lote (1000 botellas de tinte y 1000 botellas de decolorante) en 20 minutos. Gracias a ello, se puede aprovechar el tiempo para producir más lotes. El costo de la máquina es de 4850 \$ [132].



Figura 45: Máquina Embotelladora [132]

Entonces, los 5 trabajadores se van a encargar de la limpieza de tanques y empaquetado. Sin embargo, esto no sería muy conveniente. La *Tabla 31* muestra los escenarios de tiempo en relación a la cantidad de trabajadores:

$$\text{tiempo activo [min]} = 121,78 + \frac{3000}{60z} + \frac{180}{z} \quad \text{Ec. 23}$$

Donde:

$z \rightarrow$ número total de trabajadores

Restricciones:

$$z > 0 ; z \in \mathbb{N}$$

Número de trabajadores	Tiempo del lote [min]	Tiempo del lote [h]
------------------------	-----------------------	---------------------

1	351,78	5,86
2	236,78	3,95
3	198,45	3,31
4	179,28	2,99
5	167,78	2,80

Tabla 31: Optimización del número de trabajadores

La cantidad óptima de trabajadores es 3. Debido a que, al aumentar el número de trabajadores, la cantidad de tiempo que se reduce es cada vez menor y no sería tan efectivo. Además, gracias a la reducción de tiempos, se puede producir un segundo lote de tintes en la misma jornada y aun así se va a respetar la hora de descanso y quedarán minutos extra que estarían asignados a la supervisión o alguna otra actividad interna relacionada.

$$\text{Tiempo activo} = 198,45 \text{ min} \times 2 = 6,62 \text{ h} = 6 \text{ horas y } 37 \text{ minutos}$$

La Figura 46 muestra la planificación de tiempos en la producción de una jornada laboral si es que se cuentan con las máquinas embotelladoras.

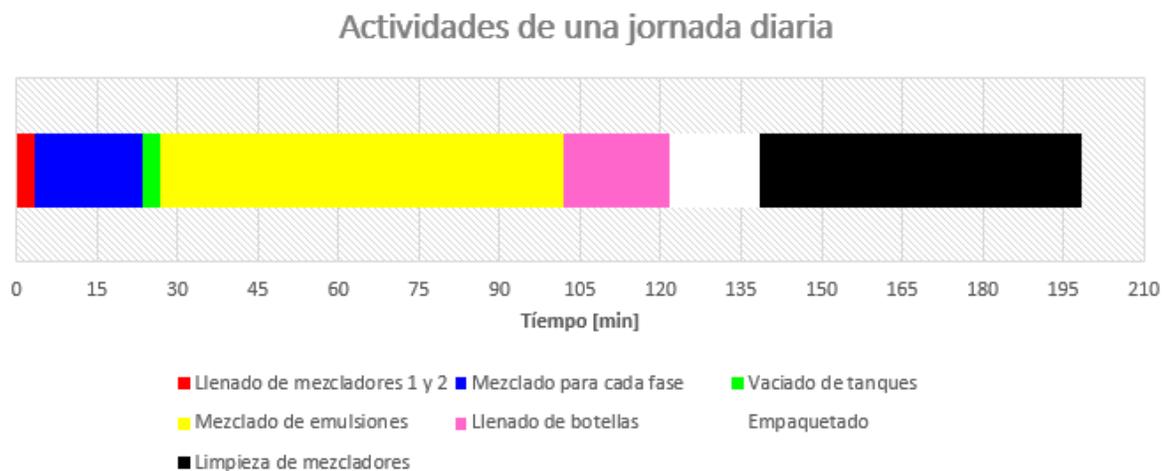


Figura 46: Planificación de la producción de un lote

Para aumentar la producción, de lunes a viernes se van a trabajar 2 turnos (16 horas) y los sábados, sólo 1 turno. Por semana se van a producir 22 lotes de tintes de cabello.

4.9. Análisis Económico

El análisis económico de este diseño conceptual de proceso de producción de tintes de cabello a escala industrial va a estar desglosado en el análisis de los costos capitales, los costos operativos, el flujo de caja del proyecto, el análisis de sensibilidad, estudio de escenarios, variación de composición de materia prima y la optimización de costo de insumos. Asimismo, también se van a tocar puntos como el almacenamiento, la sostenibilidad y la matriz de riesgo de la manufactura de tintes de cabello permanentes de origen vegetal.

4.9.1. CAPEX

El CAPEX es la suma de la inversión de capital fijo (FCI) con el capital de trabajo (WC). El FCI es la sumatoria del costo de compra de equipos con los costos directos y los costos indirectos y el WC es el dinero que la empresa tiene disponible para poder cumplir con sus obligaciones actuales y en un corto plazo [12].

4.9.1.1. Compra de Equipos

La *Tabla 32* muestra los costos de los equipos de los procesos principales (ISBL) [12]. Los procesos secundarios son el ciclo de potencia y el ciclo de refrigeración para el agua caliente presurizada y el anticongelante respectivamente (OSBL) [12]. El costo de los equipos para el ciclo de refrigeración y el calentamiento de agua están en la *Tabla 33*. Considerar que 1 dólar estadounidense equivale a 3,76 soles peruanos [133].

Equipo	Precio Unitario [S/.]	Cantidad	Subtotal [S/.]
Mezclador Cosmético [134]	2252,24	6	13513,44
Bomba Centrífuga [135]	189,90	2	379,80
Máquina Embotelladora [132]	18236,00	2	36472,00
TOTAL [S/.]			50365,24

Tabla 32: Costo de equipos de los procesos principales

El mezclador cosmético acepta un rango de volúmenes desde 10 L hasta 10000 L.

Equipo	Precio Unitario [S/.]	Cantidad	Subtotal [S/.]
Intercambiador de calor de doble tubo [136]	3472,21	2	6944,42
Compresor centrífugo [137]	3308,80	1	3308,80
Válvula de expansión [138]	43,00	2	86,00
TOTAL [S/.]			10339,22

Tabla 33: Costo de equipos para el ciclo de refrigeración y el calentamiento de agua

Además de la adquisición de los productos, se tienen que transportar a Perú (excepto la bomba centrífuga, ya que se compra localmente). Para ello, se cotizó un contenedor de 40 pies de altura con la empresa logística ACC Group. El costo final de la importación de equipos desde el puerto de origen de la maquinaria hasta el local de trabajo (distrito de Surquillo) es de 44433,10 soles [139]. Considerar que el tipo de cambio es de 3,76 soles peruanos por dólar estadounidense [133].

4.9.1.2. Costos Directos

A continuación, se van a mostrar en la *Tabla 34* los costos directos respecto a la construcción del área de trabajo. El coeficiente planteado por Towler [12] multiplica la suma del ISBL con el OSBL.

Item de Instalación	Coeficiente	Costo [S/.]
Instalación de Equipos	0,3	31541,27
Tuberías	0,8	84110,05
Control e Instrumentación	0,3	31541,27
Pintura	0,1	10513,76
Estructura de Edificación	0,2	21027,51
Cableado eléctrico	0,2	21027,51
TOTAL [S/.]		199 761,36

Tabla 34: Costos directos en la construcción del área de trabajo

Adicionalmente, se van a necesitar los servicios de una agencia de marketing digital. El motivo es la necesidad de poder crear un perfil de la marca en redes para que sea vistoso y atractivo al público. El costo para contratar a una agencia de marketing digital va desde los 1000 soles [140], para este caso se van a considerar 3500 soles (este valor fue elegido por recomendación de Guadalupe Raymond, profesional en marketing) [141]. El fundamento dado es que se necesitará elegir el nombre, el logo, crear el perfil de la empresa en redes y hacerle publicidad. Este servicio se considera parte del CAPEX ya que es para inicializar la empresa y se debe considerar en el capital inicial para la empresa [12].

4.9.1.3. Costos Indirectos

Por el lado de los costos indirectos, se está considerando el costo del terreno y la licencia para operar en el sector industrial del distrito de Surquillo, en Lima Metropolitana.

❖ Ubicación:

El local sugerido para poder realizar las operaciones es en la zona industrial del distrito de Surquillo. Se eligió este distrito debido a que está rodeado de distritos residenciales y también por la cercanía al público objetivo inicial el cual está localizado en Lima Top (conformado por los distritos: Barranco, Miraflores, San Isidro, Santiago de Surco, San Borja y La Molina) [142] y Surquillo. Otra razón de elegir este distrito es el precio por metro cuadrado. Según la Asociación de Empresas Inmobiliarias del Perú (ASEI) [143], el precio promedio por m^2 en Lima Top es de S/. 7475 y en Surquillo, el precio promedio m^2 es de S/. 6219. Otro aspecto a considerar es el tamaño del terreno. Ya que el tamaño de los equipos es pequeño, el área máxima que debe tener el local a adquirir es de $300 m^2$.

Entonces, el precio máximo a pagar por el terreno de la planta es el siguiente:

$$6219 \frac{S/}{m^2} \times 300 m^2 = 18\,657\,000 S/.$$

El local encontrado es de $157 m^2$ de terreno en la calle Manuel Iribarren 457, Surquillo. El precio del terreno es de S/. 936 000 [144]. Tomando en cuenta el precio por metro cuadrado, el precio por de este terreno es menor que el precio por área estimado por la ASEI (S/. 976 383). En otras palabras, el costo del local cumple con los requisitos mencionados anteriormente.

❖ Licencia:

El costo de la licencia de operación en la Municipalidad de Surquillo para locales de áreas mayores a 500 m² es de S/. 139,30 [145].

❖ Transporte:

El transporte de los productos puede ser realizado por mí mismo (Sebastián Vásquez) o en caso de que la repartición del producto sea lejana o abundante, se va a recurrir a aplicaciones de courier como Rappi, Beat, Cabify, Glovo, entre otros. El costo del transporte, sea personal o mediante aplicación, va a ser cubierto por el cliente.

❖ Contingencia:

El costo de contingencia varía entre el 10% hasta el 50% de la suma del ISBL + OSBL [12]. Se optó por el 20%, ya que el mínimo posible (10%) es menor que el costo de algunos equipos.

$$\text{Costo de Contingencia} = 0,2 \times (\text{ISBL} + \text{OSBL}) \quad \text{Ec. 24}$$

$$\text{Costo de Contingencia} = 0,2 \times (50365,24 + 10339,22 + 44433,1) = 21027,51$$

Se procede a calcular el FCI (Ecuación 25):

$$\text{FCI} = \text{Compra de equipos} + \text{Costos Directos} + \text{Costos Indirectos} \quad \text{Ec. 25}$$

$$\text{Compra de equipos} = 50365,24 + 10339,22 + 44433,1 = 60707,46 \text{ S/}.$$

$$\text{Costos Directos} = 199\,761,36 \text{ S/}.$$

$$\text{Costos Indirectos} = 936\,000 + 139,3 + 21027,51 = 957\,166,81 \text{ S/}.$$

$$FCI = 10513,76 + 199\,761,81 + 957\,166,81$$

$$FCI = 1\,167\,441,93 \text{ S/}.$$

Según la bibliografía [81], el FCI es el 85 % del CAPEX.

$$CAPEX = \frac{100}{85} \times FCI = 1\,373\,461,10 \text{ S/}.$$

4.9.2. OPEX

El OPEX es la suma de los costos variables (CV) y los costos fijos (CF) [12]. Los costos variables y fijos considerados en el presente proceso están presentados en la *Tabla 35*.

Costos Variables	Costos Fijos
Materia Prima para 1 Año	Impuestos y Seguros
Anticongelante	Mantenimiento de Equipos
EPP y Productos de Limpieza	
Utilidades	
Sueldo de Trabajadores	

Tabla 35: Costos variables y fijos del proceso

4.9.2.1. Materia Prima para 1 Año

Para ello se va a tomar en cuenta que se trabaja de lunes a viernes y que el año tiene 52 semanas. Se considera que se produce un lote por día, el lote está conformado por 1000 cajas (tinte y decolorante).

A continuación, las *Tablas 36 y 37* muestran los precios por kg y por L, dependiendo del insumo. Considerar que 1 dólar estadounidense equivale a 3,76 soles peruanos [133].

Componente	Precio por kg [S/.]
Aceite de Coco*	45,00
Camu Camu en polvo [146]	150,00
Colágeno Marino hidrolizado [146]	250,00
Harina de Cañihua [147]	55,00
Harina de Maca [148]	60,00
PPD 6** [149]	599,31
PPD 7** [149]	626,55
Resorcinol [150]	416,09
Tetra Pirofosfato de Sodio [151]	367,40
Cúrcuma Molida [152]	40,00
Manzanilla en Polvo [153]	35,00
Estanato de Sodio [154]	879,24

Tabla 36: Precios por kg de los insumos del tinte y decolorante en soles peruanos

**El precio del aceite de coco fue hallado en un mercado local*

*** Se han cotizado estos insumos a partir del precio del PPD, debido a que no se encuentra disponible su precio en Merck.*

$$\text{Precio PPD 6} = \text{Precio PPD} \times 1,1$$

$$\text{Precio PPD 7} = \text{Precio PPD} \times 1,15$$

La *Tabla 37* muestra los precios por litro de algunos de los compuestos que conforman el paquete orgánico de cambio de coloración de cabello.

Componente	Precio por L [S/.]
-------------------	---------------------------

Agua Destilada [155]	5,00
Ácido Peracético 32% wt [122]	1436,63
Monoetanolamina [156]	200,60
Propilenglicol [146]	30,00
Etanol [157]	42,30
Perfume de Vainilla [146]	200,00
Aceite de Germen de Trigo [146]	280,00

Tabla 37: Precios por litro de los insumos del tinte y decolorante en soles peruanos

Cabe resaltar que las *Tablas 36 y 37* muestran los precios por kg y por litro con la finalidad de simplificar el listado de precios. En las fuentes encontradas, también se venden en menor cantidad, esto también aporta en la investigación, ya que hay insumos de los cuales se necesitan cantidades menores a un kg o un litro.

A continuación, la *Tabla 38* va a mostrar los costos por cantidad usada de insumo por cada paquete de coloración de cabello. Los cálculos de la *Tabla 38* se han realizado mediante el producto de la masa de insumo (en kg) a usar por su precio (en soles por kg).

Decolorante			Tinte		
Compuesto	Masa [g]	Costo [S/.]	Compuesto	Masa [g]	Costo [S/.]
Agua Destilada	17,265	0,09	Agua Destilada	25,877	0,13
Ácido Peracético al 32% wt	10,334	13,13	Monoetanolamina	0,980	0,19
Propilenglicol	10,658	0,31	Propilenglicol	4,900	0,14
Aceite de Coco	24,255	1,09	Aceite de Coco	5,880	0,26
Camu Camu en Polvo	0,147	0,02	Camu Camu en Polvo	0,098	0,01

Perfume de Vainilla	0,735	0,14	Perfume de Vainilla	0,343	0,06
Etanol	8,820	0,47	Etanol	5,880	0,32
Colágeno Marino hidrolizado	0,368	0,09	Harina de Cañihua	1,715	0,09
Harina de Cañihua	0,368	0,02	Harina de Maca	1,715	0,10
Harina de Maca	0,368	0,02	PPD 6	0,001	0,01
Aceite de Germen de Trigo	0,074	0,02	PPD 7	0,001	0,01
Tetra Pirofosfato de Sodio	0,074	0,03	Resorcinol	0,613	0,25
Estanato de Sodio	0,037	0,03	Cúrcuma Molida	0,490	0,02
			Flores de Manzanilla en polvo	0,490	0,02
TOTAL	73,5	15,47	TOTAL	49	1,63

Tabla 38: Costo para producir 1 paquete de cambio de coloración de cabello

Adicionalmente, se va a incluir una brocha para que el usuario pueda aplicarse el producto y guantes de PE descartables para que el usuario no manche sus manos al aplicar el tinte. El costo por lotes mayores de 200 unidades de brochas es de S/. 1,50 [158]. Por el lado de los guantes el costo del lote mayor a 100000 unidades es de S/. 3,75 [159]. El costo por cada brocha es de 2 centavos. Por el lado de los guantes, la cifra es despreciable.

Respecto al envasado, inicialmente se consideraba usar tubos de aluminio de 50 mL para el tinte. Sin embargo, con la finalidad de reducir costos y se optó por usar botellas LDPE con punta con el mismo volumen. En la *Figura 47* se muestra la forma de las botellas LDPE con punta [160].



Figura 47: Foto de las botellas LDPE con punta [160]

Según la información hallada para conseguir las botellas, no hay botellas de 75 mL en venta (el cual era el volumen de una botella de decolorante), el volumen más cercano disponible es de 100 mL. El lote de botellas a adquirir es de 50 unidades [160]. Para poder diferenciar a los productos, se le asignará un color de tapa: blanco para el decolorante y amarillo para el tinte. A continuación, se va a mostrar en la *Tabla 39* los precios del lote de las botellas LDPE y su costo por unidad.

Volumen de Botella [mL]	Precio por lote [S/.]	Precio por unidad [S/.]
50	64,91	1,30
100	73,37	1,47

Tabla 39: Precios de las botellas LDPE [160]

Para empaquetar a las botellas de decolorante y tinte, se van a usar cajas de cartón. Las dimensiones usadas son de $16\text{ cm} \times 7\text{ cm} \times 5\text{ cm}$ tomando como referencia al producto L'Oreal mencionado [82]. Sin embargo, sólo había disponibilidad de las siguientes dimensiones: $18\text{ cm} \times 10\text{ cm} \times 10\text{ cm}$. El empaquetamiento del decolorante y del tinte van a ser manuales con la finalidad de ahorrar costos. El precio por lote de 100 cajas cada caja de

cartón es de 1,50 soles (0,02 soles por caja). La *Tabla 40* ilustra los costos por cada componente y su costo unitario del producto:

Componente	Costo [S/.]
Decolorante	15,47
Botella para el Decolorante	1,47
Tinte	1,63
Botella para el Tinte	1,30
Brocha	0,02
Caja	0,02
Costo Unitario	19,90

Tabla 40: Costo Unitario

Se procede a escalar los costos para una producción anual:

$$\begin{aligned} \text{Costo anual del producto: } & \frac{19,90 \text{ S/.}}{1 \text{ caja}} \times \frac{1000 \text{ cajas}}{1 \text{ lote}} \times \frac{2 \text{ lotes}}{1 \text{ turno}} \times \frac{11 \text{ turnos}}{1 \text{ semana laboral}} \\ & \times \frac{52 \text{ semanas laborales}}{1 \text{ año}} = \text{S/. } 22768275,09 \end{aligned}$$

4.9.2.2. Anticongelante

El fluido que va a enfriar los tanques de emulsión es una mezcla de propilenglicol con agua destilada (glicol al 30 % en masa). Con los datos de la *Tabla 37*, se puede hallar lo que va a costar el líquido refrigerante.

- Precio por litro de propilenglicol: S/. 30 [156]
- Precio por litro de agua destilada: S/. 5 [155]

Masa total de anticongelante a usar:

$$93,809 \text{ kg} + 34,741 \text{ kg} + 6,231 \text{ kg} = 134,781 \text{ kg}$$

Masa de propilenglicol: $134,781 \times 0,3 = 40,4343 \text{ kg}$

Masa de agua destilada: $134,781 \times 0,7 = 94,3467 \text{ kg}$

$$\rho_{\text{Propilenglicol}} = 1040 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\rho_{\text{Agua}} = 997 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Costo}_{\text{Propilenglicol}} = 40,4343 \text{ kg} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1040 \text{ kg}} \times \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{\text{S}/.30}{1 \text{ L}} = \text{S}/.1166,37$$

$$\text{Costo}_{\text{Agua Destilada}} = 94,3467 \text{ kg} \times \frac{1 \text{ m}^3}{997 \text{ kg}} \times \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{\text{S}/.5}{1 \text{ L}} = \text{S}/.473,15$$

$$\text{Costo}_{\text{Anticongelante}} = 1166,37 + 473,15 = \text{S}/.1639,52$$

El anticongelante puede durar años sin necesidad de ser cambiado. Una analogía del uso de refrigerante es en el rayador de los carros, que se debe cambiar el refrigerante 1 vez al año. Para el caso de las chaquetas térmicas, sus respectivos tanques tienen una temperatura máxima (75 °C) menor a la temperatura mínima de un motor (90 °C). El anticongelante no se va a evaporar, un fundamento de esta proposición es porque los puntos de ebullición de las mezclas de agua con propilenglicol son superiores a los 100 °C.

Amoniaco

A partir de la simulación del ciclo de refrigeración, se halló la cantidad necesaria de amoníaco para poder enfriar el anticongelante. El costo por kg es de \$ 1,13 [161]. El amoníaco puede durar más de un año en el ciclo de refrigeración. Una analogía del uso de refrigerante es en el rayador de los carros, que se debe cambiar el refrigerante 1 vez al año.

$$Masa_{Amoniaco} = 11,0085 \text{ kg}$$

$$Costo_{Amoniaco} = 11,0085 \text{ kg} \times \frac{1,13 \$}{\text{kg}} \times \frac{S/. 3,76}{1 \$} = S/. 46,77$$

4.9.2.3. EPP y Productos de Limpieza

Los trabajadores requieren del uso de las EPP para poder realizar sus labores con la prenda adecuada y velar por su seguridad propia, aparte de las condiciones seguras que ofrezca la planta. Para ello, la *Tabla 41* muestra los EPP necesarios para el personal de la planta. También se va a mostrar el costo de productos de limpieza (jabón, papel toalla, lejía, trapos, escobas, etc).

Componente	Precio por unidad [S/.]	Cantidad por comprar	Costo Total [S/.]
Guantes de nitrilo [162]	7,00	12	84,00
Caja de 100 gorros para cabello [163]	19,90	10	199,00
Lentes de seguridad [164]	3,90	6	23,40
Bata de laboratorio [165]	30,90	12	370,80
Botas de punta de acero [166]	39,90	12	478,80
Productos de limpieza	-	-	161,65
TOTAL			1317,65

Tabla 41: Precios de EPP y productos de limpieza

4.9.2.4. Utilidades

- ❖ Luz

El costo de luz por kWh en Lima es de 0,59 soles [167]. Se calcula la potencia total requerida los mezcladores diseñados:

$$\begin{aligned}Potencia_{mix} &= 12,248 + 12,271 + 10,5984 + 1,496 + 62,871 \times 2 \\ &= 162,3554 W\end{aligned}$$

Los datos para hallar la potencia requerida para las bombas (para el agua caliente y el anticongelante) han sido extraídos del software de simulación ProMax con los paquetes termodinámicos NRTL-SRK y NBS Steam Tables respectivamente. El motivo de la elección del paquete NRTL-SRK es el mismo que para el cálculo de otras propiedades termodinámicas de la materia prima, debido a que se trabajan con líquidos de estructuras moleculares diferentes entre sí. Mientras para el calentamiento del agua, se usó el paquete NBS Steam Tables porque el único componente de trabajo es el agua y es el paquete más exacto para este tipo de cálculos. Se consideró que la eficiencia politrópica de las bombas es de 70 % [129].

$$Potencia_{bombas} = 21,8515 + 29,195 = 51,0465 W$$

También se va a calcular la potencia que necesita la resistencia térmica para calentar el agua que posteriormente va a ser presurizada por la bomba centrífuga. Los datos para hallar la potencia requerida para calentar el agua a 130 °C han sido extraídos del software de simulación ProMax con el paquete termodinámico NBS Steam Tables.

$$Potencia_{calentador} = 20154,3 W$$

A esto se le agrega la potencia usada para el compresor del ciclo de refrigeración:

$$Potencia_{compresor} = 3012,14 W$$

Se procede a calcular la potencia total requerida:

$$Potencia_{Total} = 162,3554 + 51,0465 + 20154,3 + 3012,14 \approx 23,38 kW$$

Se procede a calcular la cantidad de kW usados en un año. Considerar que el tiempo diario de uso del sistema de mezcladores es de 95 minutos, se trabajan 5 días a la semana y que el año está conformado por 52 semanas.

$$\frac{23379,8419 W}{\# W} = \frac{95 \div 60 h}{1 h} \Rightarrow 14766,2159 Wh \text{ en un turno}$$

Se calcula la cantidad de kWh consumidas en 1 año. Para ello se considera que el año consiste de 365 días y el día está compuesto de 24 horas.

$$\frac{14766,2159 Wh}{1 \text{ turno}} \times \frac{1 kWh}{1000 Wh} \times \frac{11 \text{ turnos}}{1 \text{ semana}} \times \frac{52 \text{ semanas}}{1 \text{ año}} = 8446,27552 \frac{kWh}{\text{año}}$$

$$0,59 \frac{S/}{kWh} \times 8446,27552 \frac{kWh}{\text{año}} = 4983,30 \frac{S/}{\text{año}}$$

❖ Agua

El costo de agua por metro cúbico en Lima es de 2,81 soles [168]. Primero se va a calcular la cantidad total de agua caliente presurizada que se necesita para calentar los tanques de mezclado.

$$Agua \text{ Caliente}_{Decolorante} = 35,528 + 9,651 + 59,775 = 104,954 kg$$

$$Agua \text{ Caliente}_{Tinte} = 34,19 + 5,313 + 51,008 = 90,511 kg$$

$$Agua \text{ Fría}_{Ciclo de Refrigeración} = 69,435 kg$$

$$Agua_{Total} = 264,9 kg$$

Finalmente se calcula el costo total de agua caliente presurizada que se necesita para calentar los tanques de mezclado.

$$Costo_{Agua} = 264,9 kg \times \frac{1 m^3}{997 kg} \times \frac{2,81 S/}{1 m^3} = 0,75 S/.$$

4.9.2.5. Sueldo de Trabajadores

El perfil de los trabajadores mencionados en la sección de la planificación del proceso es de mano de obra no calificada. La justificación de este perfil es porque sólo requieren hacer actividades sencillas, las cuales son llenar tanques con los fluidos, manejar válvulas, controlar el tablero de control (con instrucción previa), empaquetar frascos y lavar los tanques con agua potable.

Según el Ministerio del Trabajo y Promoción del Empleo, el sueldo mensual mínimo actual es de S/. 1025 [169]. Sin embargo, según el informe del Ministerio de Economía y Finanzas en 2019 [170], el sueldo promedio de empresas del sector privado que tienen entre 2 a 10 trabajadores es de S/. 1226. Se va a tomar esta cifra para el sueldo de los trabajadores.

Entonces, tomando en cuenta que son 3 trabajadores y que ellos trabajan los 12 meses de su primer año en la empresa. Posterior al primer año, el trabajador tiene derecho a 30 días de vacaciones y con el pago correspondiente a la cantidad de días que goza sus vacaciones. La remuneración de vacaciones se da antes del inicio del descanso del trabajador [171].

Para aumentar la producción, se van a trabajar 2 turnos en un día (total de 16 horas) y el día sábado se trabajará 1 turno (8 horas). Para ello, el número de trabajadores se va a duplicar.

$$\text{Pago anual de sueldos de trabajadores} = 1226 \times 12 \times 3 \times 2 = \text{S./ } 88272$$

Aparte de ello, se debe agregar el sueldo del ingeniero químico que estará a cargo del proceso. Este ingeniero sería el autor de esta tesis. El sueldo asignado es de S/. 7250 mensuales [172].

$$\text{Pago anual de sueldo de ingeniero} = 7250 \times 12 = \text{S./ } 87000$$

Es posible que más adelante se requieran los servicios de un profesional de marketing, su sueldo promedio es de 2000 soles [173]. El motivo de contratar a un licenciado en marketing es para que tome las riendas del perfil de la empresa en redes y seguir promoviendo la marca.

$$Pago\ anual\ marketing\ digital = 2000 \times 12 = S/.12000$$

$$\sum Costos\ Variables$$

$$= Producto + Anticongelante + Refrigerante \\ + EPP\ y\ Productos\ de\ Limpieza + Luz + Agua + Mano\ de\ Obra \\ + Ingeniero\ Químico + Marketing\ Digital$$

$$\sum Costos\ Variables = 22\ 768\ 275,09 + 1639,52 + 46,77 + 1317,65 + 600,66 + \\ 0,75 + 88272 + 87000 + 12000$$

$$\sum Costos\ Variables = S/.22\ 870\ 880,45$$

4.9.2.6. Impuestos y Seguros

Según Towler [12], los impuestos y seguros se consideran como un solo costo fijo, este representa una cifra equivalente al 1% del FCI.

$$1\ 167\ 441,93 \times 0,01 \approx S/.11674,42$$

4.9.2.7. Mantenimiento de Equipos

Según Towler [12], el mantenimiento de equipos representa una cifra equivalente al 3% del FCI.

$$1\ 167\ 441,93 \times 0,03 \approx S/.35023,26$$

$$\sum \text{Costos Fijos} = \text{Impuestos y Seguros} + \text{Mantenimiento} \quad \text{Ec. 26}$$

$$\sum \text{Costos Fijos} = 11674,42 + 35023,26 = S/.46697,68$$

$$\text{OPEX} = \text{Costos Variables} + \text{Costos Fijos} \quad \text{Ec. 27}$$

$$\text{OPEX} = 22\ 833\ 890,61 + 46697,69 = S/.22\ 880\ 588,30$$

4.9.3. Flujo de Caja

Para poder realizar el flujo de caja del proceso, previamente se debe hallar cuánto es el valor del producto y también calcular los costos de depreciación de equipos. El cálculo de la depreciación anual de los equipos es el siguiente [12]:

$$\text{Depreciación anual del equipo} = \frac{\text{Costo del Equipo Nuevo}}{\text{Años de Vida Útil}} \quad \text{Ec. 28}$$

A continuación, la *Tabla 42* indica el tiempo de vida de los equipos y su depreciación anual.

Equipo	Cantidad	Subtotal [S/.]	Vida Útil [años]	Depreciación [S/.]
Mezclador cosmético	6	13513,44	10 [174]	1351,34
Bomba Centrífuga	2	379,80	3 [175]	126,60
Máquina Embotelladora	2	36472,00	7,5 [176]	4862,93
Intercambiador de calor	2	6944,42	15 [177]	462,96

de doble tubo				
Compresor centrífugo	1	3308,80	5 [178]	661,76
Válvula de expansión	1	86,00	-	-
TOTAL [S/.]				7465,59

Tabla 42: Depreciación anual de todos los equipos

Respecto al precio unitario del producto, la primera restricción es que sea menor a S/. 100. Esta cifra es justificada por la encuesta para el análisis referencial de mercado. Un detalle a considerar es que el precio promedio del producto en diferentes sitios de venta es de S/. 34,17. Entonces, este precio se puede considerar como el precio mínimo que se puede ofertar la caja de tinte en el mercado.

Según la *Tabla 38* y los datos de las botellas y cajas, el costo de materia prima de la caja es de S/. 19,90. Sin embargo, esto también involucra otros factores como luz, agua, anticongelante, refrigerante y mano de obra.

❖ Luz

$$\frac{14766,2159 \text{ Wh}}{1 \text{ turno}} \times \frac{1 \text{ turno}}{2 \text{ lotes}} \times \frac{1 \text{ kWh}}{1000 \text{ Wh}} \times \frac{0,59 \text{ S/.}}{\text{kWh}} = \frac{\text{S/. } 4,36}{\text{lote}}$$

El costo de luz de 1 lote de tintes de cabello producidos cuesta 4,36 soles. Por semana, el costo energético es de 95,83 soles. Con la venta de 3 cajas de tinte de cabello ya se puede cubrir el coste semanal de luz. Cabe resaltar que semanalmente hay 11 turnos y que en cada turno se producen 2 lotes de 1000 cajas. En otras palabras, se producen 22000 cajas de tinte de cabello por semana.

❖ Agua

El caso del costo de agua por año es suficientemente bajo, lo cual 1 sola caja podría cumplir el costo anual de agua.

$$Costo_{Agua} = S/. 0,75$$

Entonces se puede cubrir el costo de agua de 2 años, al agregar el doble del costo en el precio del tinte. La cifra resultante es de S/. 1,50.

❖ Anticongelante

El costo anual del anticongelante es el siguiente:

$$Costo\ Anual_{Anticongelante} = S/. 1639,52$$

Se calcula el costo de anticongelante por turno:

$$Costo_{Anticongelante} = \frac{S/. 1639,52}{1\ año} \times \frac{1\ año}{52\ semanas} \times \frac{1\ semana}{11\ turnos} = S/. 2,87$$

❖ Refrigerante

El costo anual del refrigerante es el siguiente:

$$Costo\ Anual_{Refrigerante} = S/. 46,77$$

Se calcula el costo de anticongelante por semana:

$$Costo_{Refrigerante} = \frac{46,77\ S/.}{1\ año} \times \frac{1\ año}{52\ semanas} = S/. 0,90$$

❖ Mano de Obra

Se inicia el cálculo con el dato del pago anual de sueldo de trabajadores:

$$\text{Pago anual de sueldos} = S/. 88272$$

Luego se segmenta lo que cuesta la mano de obra para producir 1 caja de tinte.

$$\begin{aligned} \text{Costo}_{\text{Mano de Obra}} &= \frac{88272 \text{ S/}}{1 \text{ año}} \times \frac{1 \text{ año}}{52 \text{ semanas}} \times \frac{1 \text{ semana}}{11 \text{ turnos}} \times \frac{1 \text{ turno}}{2 \text{ lotes}} \times \frac{1 \text{ lote}}{1000 \text{ cajas}} \\ &= S/. 0,08 \end{aligned}$$

Debido a que el costo de mano de obra es pequeño, el monto agregado para el precio del tinte va a ser amplificado para 25 cajas (2,5 % del lote).

$$\text{Costo}_{\text{Mano de Obra}} = 0,08 \times 25 = S/. 2,00$$

A continuación, se sumarán los costos agregados para la caja de tinte de cabello.

$$\text{Costo}_{\text{Aumentado Producto}} = 21,48 + 1,5 + 2,87 + 0,9 + 2 = S/. 28,75$$

El costo real por una caja sólo considera el costo por materia prima y de mano de obra, debido a que los otros costos son menores a 1 centavo y se desprecian. El costo real del producto es el siguiente:

$$\text{Costo}_{\text{Real Producto}} = 21,48 + 0,08 = 21,56 \text{ S/}.$$

Ambos montos son menores al precio promedio de otros tintes en el mercado (S/. 34,17), entonces el precio del producto se puede elevar a S/. 34,20. Por último, el valor agregado del tinte producido (vegetal y permanente) va a permitir que respecto a la cantidad previamente mencionada se le dé una ganancia de 16 % por producto vendido. El precio final del producto va a ser de aproximadamente S/. 39,99. Por cada caja vendida se va a ganar S/. 18,43.

Considerando que se venden todas las cajas en un año:

$$\text{Ingresos: } \frac{39,99 \text{ S/.}}{1 \text{ caja}} \times \frac{1000 \text{ cajas}}{1 \text{ lote}} \times \frac{2 \text{ lotes}}{1 \text{ turno}} \times \frac{11 \text{ turnos}}{1 \text{ semana laboral}} \\ \times \frac{52 \text{ semanas laborales}}{1 \text{ año}} = \text{S/.} 45\,748\,560$$

La *Tabla 43* muestra las cantidades de cajas producidas en diferentes intervalos de tiempo.

Jornada	Cantidad de Cajas
Lote	1000
Turno	2000
Semana Laboral	22000
Año	1 144 000

Tabla 43: Cantidad de cajas de tinte de cabello producidas en diferentes jornadas

A continuación, la *Tabla 44* muestra el flujo de caja de la producción de tintes de cabello permanentes de origen vegetal. Según Towler [12], se va a considerar una venta del 50 % para el primer año, 90 % para el segundo año y una venta del 100 % para el tercer año en adelante.

Item	Antes de Operar	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Venta	S/ -	S/ 45 748 560,00				
% de Venta	S/ -	50%	90%	100%	100%	100%
INGRESOS	S/ -	S/ 22 874 280,00	S/ 41 173 704,00	S/ 45 748 560,00	S/ 45 748 560,00	S/ 45 748 560,00
Agua	S/ -	-S/ 0,75				
Energía	S/ -	-S/ 4 983,30				
Anticongelante	S/ -	-S/ 1 639,52				
Refrigerante	S/ -	-S/ 46,77				
Productos de Limpieza	S/ -	-S/ 161,65				
EPP	S/ -	-S/ 1 156,00				
Materia Prima	S/ -	-S/ 22 768 275,09				
Ingeniero Químico	S/ -	-S/ 87 000,00				
Marketing	S/ -	S/ -	-S/ 24 000,00	-S/ 24 000,00	-S/ 24 000,00	-S/ 24 000,00
Trabajadores	S/ -	-S/ 88 272,00				
Mantenimiento	S/ -	-S/ 35 023,26				
Licencia	-S/ 139,30	-S/ 139,30	-S/ 139,30	-S/ 139,30	-S/ 139,30	-S/ 139,30
Depreciación	S/ -	S/ -	-S/ 7 465,60	-S/ 7 465,60	-S/ 7 338,99	-S/ 7 465,59
Seguros	S/ -	-S/ 11 674,42				
IGV (18 %)	S/ -	-S/ 4 117 370,40	-S/ 7 411 266,72	-S/ 8 234 740,80	-S/ 8 234 740,80	-S/ 8 234 740,80
EGRESOS	-S/ 139,30	-S/ 27 115 742,46	-S/ 30 441 104,38	-S/ 31 264 578,46	-S/ 31 264 451,85	-S/ 31 264 578,45
Local	-S/ 936 000,00	S/ -				
Equipos	-S/ 105 137,56	S/ -	S/ -	S/ -	-S/ 379,80	S/ -
Instalación	-S/ 31 541,27	S/ -				
Empresa Marketing	-S/ 3 500,00	S/ -				
Contingencia	-S/ 21 027,51	S/ -				
INVERSIÓN	-S/ 1 097 206,34	S/ -	S/ -	S/ -	-S/ 379,80	S/ -
TOTAL AÑO	-S/ 1 097 345,64	-S/ 4 241 462,46	S/ 10 732 599,62	S/ 14 483 981,54	S/ 14 483 728,35	S/ 14 483 981,55
TOTAL ACUMULADO	-S/ 1 097 345,64	-S/ 5 338 808,10	S/ 5 393 791,52	S/ 19 877 773,06	S/ 34 361 501,41	S/ 48 845 482,96

Tabla 44: Flujo de Caja

Se puede apreciar que, si se venden todas las cajas en el primer año, es suficiente para poder recuperar la inversión y tener ganancias. En otras palabras, la producción tiene bastante potencial para poder crecer. El análisis de flujo de caja fue en 5 años, ya que se considera que es una empresa pequeña. La *Figura 48* muestra de forma gráfica el flujo de caja. La leyenda de la *Figura 48* está presentada en la *Tabla 45*.



Figura 48: Gráfica de flujo de caja

Punto	Definición	Monto [S/.]
A	Punto de Inicio	S/ -
B	Costo de Inversión	-S/ 1 097 206,34
C	Aplicar OPEX para Año 1	-S/ 28 212 948,80
D	Acumulación final Año 1	-S/ 5 338 808,10
E	Punto de Inflexión	S/ -
F	Acumulación final Año 2	S/ 5 393 791,52
G	Acumulación final Año 3	S/ 19 877 773,06
H	Acumulación final Año 4	S/ 34 361 501,41
I	Acumulación final Año 5	S/ 48 845 482,96

Tabla 45: Leyenda del eje X de la gráfica del flujo de caja y dinero acumulado

4.9.4. Análisis de Sensibilidad

El análisis de sensibilidad para este proyecto va a estar segmentado en el VAN y TIR del flujo de caja actual y se determinará la viabilidad del proyecto. También se van a realizar 4 escenarios para evaluar la robustez del proyecto: variación de precio de venta, inflación, disminución de ventas y exceso de ventas.

VAN y TIR

El Valor Actual Neto (VAN) es un cálculo relacionado con el flujo de caja. Si este valor es mayor a 0, significa que el negocio es rentable [179]. El cálculo se da respecto a un plazo. Para el presente proyecto, el plazo es de 5 años debido a que se está considerando como empresa pequeña [12]. Los 5 años serían el plazo máximo para recuperar la inversión inicial [179].

La Tasa Interna de Retorno (TIR) es una relación frente al VAN cuando este vale 0. Este indica un porcentaje en el cual se va a recuperar la inversión inicial. Por ejemplo, si el TIR es de 75%, significa que por cada 100 soles invertidos se obtiene un ingreso de 75 soles al año [179].

El VAN y TIR del proyecto está expresado en la *Tabla 46*, para ello se consideró que el porcentaje de inversión es 15 % [12].

Cantidad de años	5
% Inversión	15%
VAN	S/55 339 789,99
TIR	158%
Precio	S/ 39,99

Tabla 46: VAN y TIR del proyecto

Análisis de Escenarios

❖ Variación de Precios

Este caso permite ver hasta qué punto se puede elevar o disminuir el precio del producto. La *Tabla 47* contiene el análisis de precios superiores e inferiores al precio original. También se va a hallar el punto dónde el VAN es 0 (dónde ya no hay ganancias ni pérdidas [132] [179]) y cuando el TIR es 0 %.

Cantidad de años	% inversión	% Respecto a precio original	Precio	VAN	TIR
5	15%	175%	S/ 70,00	S/258 115 979,61	1100%
5	15%	110%	S/ 43,99	S/82 360 849,03	242%
5	15%	100%	S/ 39,99	S/55 339 789,98	158%
5	15%	90%	S/ 35,90	S/27 712 596,71	85%
5	15%	80%	S/ 31,80	S/0,00	15%
5	15%	78%	S/ 31,00	-S/5 404 730,75	0%
5	15%	75%	S/ 29,99	-S/12 229 750,05	-21%

Tabla 47: VAN y TIR de los precios cambiados

La primera fila de la variación de precios es con la mediana del precio máximo establecido por el segundo análisis referencial de mercado. Las ganancias son muy altas y podría ser conveniente establecer este precio. Sin embargo, esto sería muy arriesgado porque es un monto hasta más de 2 veces mayor que el promedio (el promedio es de 34 soles, según lo visto en la *Sección 4.1*). El precio mínimo que puede tener el tinte (paquete de cambio de coloración de cabello) es de 31,80 soles, ya que el porcentaje de inversión establecido es 15 % pero tampoco sería conveniente utilizar este precio debido a que no obtendrían ganancias.

❖ Inflación

A pesar que se ha considerado que el tipo de cambio del dólar es de 3,76 soles [133], la situación económica tanto en Perú como a nivel mundial va a cambiar. El motivo de cambio es por diversos factores socioeconómicos (política, demanda en mercados grandes como el combustible y energía, entre otros). Entonces se va a plantear un escenario donde el valor del dólar es de 5 soles (el cual es un valor arbitrario superior al tipo de cambio establecido). El efecto de la inflación va a impactar en el OPEX. Se va a calcular el porcentaje de variación entre el tipo de cambio del proyecto versus el tipo de cambio de este escenario.

$$\frac{3,76}{5} = \frac{1}{S} \Rightarrow S \approx 1,3298$$

$$OPEX_{modificado} = OPEX \times 1,3298$$

Item	Antes de Operar	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Venta	S/ -	S/ 45 748 560,00				
% de Venta	S/ -	50%	90%	100%	100%	100%
INGRESOS	S/ -	S/ 22 874 280,00	S/ 41 173 704,00	S/ 45 748 560,00	S/ 45 748 560,00	S/ 45 748 560,00
Agua	S/ -	-S/ 0,75				
Energía	S/ -	-S/ 4 983,30				
Anticongelante	S/ -	-S/ 1 639,52				
Refrigerante	S/ -	-S/ 46,77				
Productos de Limpieza	S/ -	-S/ 161,65				
EPP	S/ -	-S/ 1 156,00				
Materia Prima	S/ -	-S/ 22 768 275,09				
Ingeniero Químico	S/ -	-S/ 87 000,00				
Marketing	S/ -	-S/ -	-S/ 24 000,00	-S/ 24 000,00	-S/ 24 000,00	-S/ 24 000,00
Trabajadores	S/ -	-S/ 88 272,00				
Mantenimiento	S/ -	-S/ 35 023,26				
Licencia	-S/ 139,30	-S/ 139,30	-S/ 139,30	-S/ 139,30	-S/ 139,30	-S/ 139,30
Depreciación	S/ -	S/ -	-S/ 7 465,59	-S/ 7 465,59	-S/ 7 338,99	-S/ 7 465,59
Seguros	S/ -	-S/ 11 674,42				
IGV (18 %)	S/ -	-S/ 4 117 370,40	-S/ 7 411 266,72	-S/ 8 234 740,80	-S/ 8 234 740,80	-S/ 8 234 740,80
EGRESOS	-S/ 139,30	-S/ 27 115 742,46	-S/ 30 441 104,37	-S/ 31 264 578,45	-S/ 31 264 451,85	-S/ 31 264 578,45
EGRESOS (Inflación)	-S/ 139,30	-S/ 36 058 168,16	-S/ 40 480 191,98	-S/ 41 575 237,30	-S/ 41 575 068,95	-S/ 41 575 237,30
Local	-S/ 936 000,00	S/ -				
Equipos	-S/ 105 137,56	S/ -	S/ -	S/ -	-S/ 505,06	S/ -
Instalación	-S/ 31 541,27	S/ -				
Empresa Marketing	-S/ 3 500,00	S/ -				
Contingencia	-S/ 21 027,51	S/ -				
INVERSIÓN	-S/ 1 097 206,34	S/ -	S/ -	S/ -	-S/ 505,06	S/ -
TOTAL AÑO	-S/ 1 097 345,64	-S/ 13 183 888,16	S/ 693 512,02	S/ 4 173 322,70	S/ 4 172 985,99	S/ 4 173 322,70
TOTAL ACUMULADO	-S/ 1 097 345,64	-S/ 14 281 233,81	-S/ 13 587 721,79	-S/ 9 414 399,09	-S/ 5 241 413,10	-S/ 1 068 090,40

Tabla 48: Flujo de caja con inflación

Con el escenario de la inflación, en 5 años aún no se consiguen ganancias, pero hay una tendencia ascendente. Recién durante el sexto año se obtendrán ganancias y en el décimo cuarto se recuperará la inversión. Esto no es favorable, ya que se considera que es una empresa pequeña, el plazo máximo según Towler [12] es de 5 años para las empresas pequeñas. La *Figura 49* muestra gráficamente el dinero acumulado en el plazo de 5 años y la *Tabla 49*, su respectiva leyenda en un plazo de 14 años. La *Tabla 50* muestra el VAN y TIR para este caso, que también confirman que el proyecto podría quebrar si se da una inflación.



Figura 49: Gráfica de flujo de caja con inflación

Punto	Definición	Monto [S/.]
A	Punto de Inicio	S/ -
B	Costo de Inversión	-S/ 1 097 206,34
C	Aplicar OPEX para Año 1	-S/ 37 155 374,51
D	Acumulación final Año 1	-S/ 14 281 233,81
E	Acumulación final Año 2	-S/ 13 587 721,79
F	Acumulación final Año 3	-S/ 9 414 399,09
G	Acumulación final Año 4	-S/ 5 241 413,10
H	Acumulación final Año 5	-S/ 1 068 090,40
I	Punto de Inflexión	S/ -
J	Acumulación final Año 6	S/ 3 101 712,26
K	Acumulación final Año 7	S/ 7 274 698,25
L	Acumulación final Año 8	S/ 11 405 987,15
M	Acumulación final Año 9	S/ 15 579 309,85
N	Acumulación final Año 10	S/ 19 752 295,85
Ñ	Acumulación final Año 11	S/ 23 922 098,50
O	Acumulación final Año 12	S/ 28 095 421,20
P	Acumulación final Año 13	S/ 32 268 407,19
Q	Acumulación final Año 14	S/ 36 441 729,89

Tabla 49: Leyenda del eje X de la gráfica del flujo de caja con inflación

Cantidad de años	5
% Inversión	15%
VAN	S/4 395 382,06
TIR	17%
Precio	S/ 39,99

Tabla 50: VAN y TIR del proyecto si hay inflación

Sin embargo, si se aplica el mismo porcentaje de inflación al precio de venta del producto (132,98 %), los números obtenidos son positivos y el proceso es viable.

Item	Antes de Operar	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Venta	S/ -	S/ 60 836 435,09				
% de Venta	S/ -	50%	90%	100%	100%	100%
INGRESOS	S/ -	S/ 30 418 217,54	S/ 54 752 791,58	S/ 60 836 435,09	S/ 60 836 435,09	S/ 60 836 435,09
Agua	S/ -	-S/ 0,75				
Energía	S/ -	-S/ 4 983,30				
Anticongelante	S/ -	-S/ 1 639,52				
Refrigerante	S/ -	-S/ 46,77				
Productos de Limpieza	S/ -	-S/ 161,65				
EPP	S/ -	-S/ 1 156,00				
Materia Prima	S/ -	-S/ 22 768 275,09				
Ingeniero Químico	S/ -	-S/ 87 000,00				
Marketing	S/ -	S/ -	-S/ 24 000,00	-S/ 24 000,00	-S/ 24 000,00	-S/ 24 000,00
Trabajadores	S/ -	-S/ 88 272,00				
Mantenimiento	S/ -	-S/ 35 023,26				
Licencia	-S/ 139,30	-S/ 139,30	-S/ 139,30	-S/ 139,30	-S/ 139,30	-S/ 139,30
Depreciación	S/ -	S/ -	-S/ 7 465,59	-S/ 7 465,59	-S/ 7 338,99	-S/ 7 465,59
Seguros	S/ -	-S/ 11 674,42				
IGV (18 %)	S/ -	-S/ 5 475 279,16	-S/ 9 855 502,48	-S/ 10 950 558,32	-S/ 10 950 558,32	-S/ 10 950 558,32
EGRESOS	-S/ 139,30	-S/ 28 473 651,22	-S/ 32 885 340,13	-S/ 33 980 395,97	-S/ 33 980 269,37	-S/ 33 980 395,97
EGRESOS (Inflación)	-S/ 139,30	-S/ 37 863 897,90	-S/ 43 730 505,50	-S/ 45 186 696,76	-S/ 45 186 528,41	-S/ 45 186 696,76
Local	-S/ 936 000,00	S/ -				
Equipos	-S/ 105 137,56	S/ -	S/ -	S/ -	-S/ 505,06	S/ -
Instalación	-S/ 31 541,27	S/ -				
Empresa Marketing	-S/ 3 500,00	S/ -				
Contingencia	-S/ 21 027,51	S/ -				
INVERSIÓN	-S/ 1 097 206,34	S/ -	S/ -	S/ -	-S/ 505,06	S/ -
TOTAL AÑO	-S/ 1 097 345,64	-S/ 7 445 680,35	S/ 11 022 286,08	S/ 15 649 738,32	S/ 15 649 401,62	S/ 15 649 738,32
TOTAL ACUMULADO	-S/ 1 097 345,64	-S/ 8 543 025,99	S/ 2 479 260,09	S/ 18 128 998,41	S/ 33 778 400,03	S/ 49 428 138,36

Tabla 51: Flujo de caja con porcentaje inflación en el precio de venta

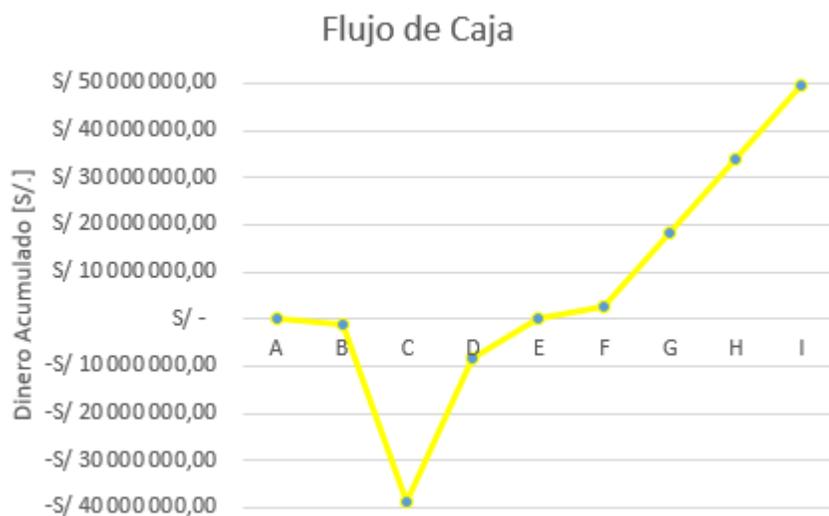


Figura 50: Gráfica de flujo de caja con porcentaje de inflación

Punto	Definición	Monto [S/.]
A	Punto de Inicio	S/ -
B	Costo de Inversión	-S/ 1 097 206,34
C	Aplicar OPEX para Año 1	-S/ 38 961 104,24
D	Acumulación final Año 1	-S/ 8 543 025,99
E	Punto de Inflexión	S/ -
F	Acumulación final Año 2	S/ 2 479 260,09
G	Acumulación final Año 3	S/ 18 128 998,41
H	Acumulación final Año 4	S/ 33 778 400,03
I	Acumulación final Año 5	S/ 49 428 138,36

Tabla 52: Leyenda del eje X de la gráfica del flujo de caja con porcentaje de inflación

Cantidad de años	5
% Inversión	15%
VAN	S/49 156 153,96
TIR	114%
Precio	S/ 53,18

Tabla 53: VAN y TIR del proyecto con porcentaje de inflación

A pesar que el TIR de la inflación es menor al TIR en condiciones estándar (sin inflación), aún es viable realizar el proyecto, pero las ganancias serían menores.

Se volvió a hacer la prueba de la inflación, pero en este caso con la finalidad de hallar el máximo tipo de cambio que el proyecto puede soportar para ser viable en un plazo de 5 años (VAN = S/. 0,01) [12].

Valor crítico del sol	S/	4,54
Factor de aumento		1,2064
Cantidad de años		5
% Inversión		15%
VAN	S/0,01	
TIR		15%
Precio	S/	39,99

Tabla 54: VAN y TIR del proyecto evaluado en la mínima ganancia posible al mayor tipo de cambio

❖ Disminución de Ventas

Si la disminución de ventas es continua (por ejemplo: 75 % de ventas el primer año, en el segundo año se venden 3 cuartos de la cantidad del primer año). La tendencia de los ingresos primero inicia con una menor aceleración en la cantidad de ingresos obtenidos y luego empieza a decrecer la cantidad de dinero acumulado, esto luego genera pérdidas y posterior quiebra. La *Figura 51* presenta el escenario explicado. La *Tabla 56* muestra el VAN y TIR para este caso.

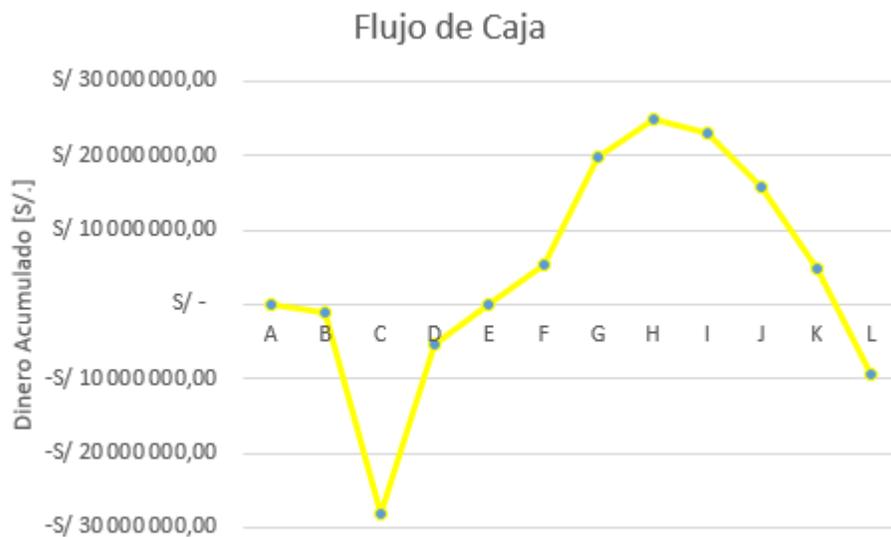


Figura 51: Gráfica de flujo de caja con decrecimiento de ventas continuo

Punto	Definición	Monto [S/.]
A	Punto de Inicio	S/ -
B	Costo de Inversión	-S/ 1 072 678,83
C	Aplicar OPEX para Año 1	-S/ 28 188 421,29
D	Acumulación final Año 1	-S/ 5 314 280,59
E	Punto de Inflexión	S/ -
F	Acumulación final Año 2	S/ 5 418 319,05
G	Acumulación final Año 3	S/ 19 902 300,60
H	Acumulación final Año 4	S/ 25 007 574,15
I	Acumulación final Año 5	S/ 23 079 259,80
J	Acumulación final Año 6	S/ 15 872 917,59
K	Acumulación final Año 7	S/ 4 712 433,60
L	Acumulación final Año 8	-S/ 9 446 807,97

Tabla 55: Leyenda del eje X de la gráfica del flujo de caja de decrecimiento continuo de ventas

Cantidad de años	5
% Inversión	15%
VAN	S/42 807 514,74
TIR	146%
Precio	S/ 39,99

Tabla 56: VAN y TIR con decrecimiento de ventas continuo

El VAN y TIR tienen valores positivos debido a que inicialmente el negocio es viable pero debido a la caída de ventas, el VAN y TIR se verán afectados y decrecerán. En el octavo año el dinero total acumulado es negativo, lo cual representa pérdidas.

Si la disminución de ventas es estática (por ejemplo: 75 % de ventas el primer año, en el segundo año también se vende el 75 % de ventas). La tendencia de los ingresos primero tendrá una menor aceleración en la cantidad de ingresos obtenidos, pero no va a decrecer la cantidad de dinero acumulado (ver *Figura 52 y las Tablas 57 y 58*), esto va a generar problemas porque habrá un exceso de inventario y se hará complicado de mantener, y se tendría que vender más para disminuir la cantidad de inventario en almacenamiento.



Figura 52: Gráfica de flujo de caja con decrecimiento de ventas estático

Punto	Definición	Monto [S/.]
A	Punto de Inicio	S/ -
B	Costo de Inversión	-S/ 1 072 678,83
C	Aplicar OPEX para Año 1	-S/ 28 188 421,29
D	Acumulación final Año 1	-S/ 5 314 280,59
E	Punto de Inflexión	S/ -
F	Acumulación final Año 2	S/ 5 418 319,05
G	Acumulación final Año 3	S/ 19 902 300,60
H	Acumulación final Año 4	S/ 25 007 574,15
I	Acumulación final Año 5	S/ 30 113 100,90

Tabla 57: Leyenda del eje X de la gráfica del flujo de caja de decrecimiento estático de ventas

Cantidad de años	5
% Inversión	15%
VAN	S/40 758 876,54
TIR	147%
Precio	S/ 39,99

Tabla 58: VAN y TIR con decrecimiento de ventas estático

Según Silver [180], el porcentaje de SKU's que deben quedarse en inventario es de un 10 %, ya que es el stock de seguridad y permite amortiguar el inventario cuando hay mayor cantidad de ventas que lo habitual.

❖ Exceso de Ventas

Si se vende la cantidad de cajas producidas de tinte del año actual y también se venden las que quedaron en inventario que fueron producidas el año pasado, la planta se queda sin stock y puede generar estancamiento en la producción. Si en caso se vende más de lo esperado (100 % de la cantidad anual producida, más las cajas que quedaron en el almacén del año anterior), es un indicador que se debe invertir en equipos más grandes o mayor cantidad de equipos, también se debe adquirir más materia prima para ello. Otra posible opción es

amplificar la producción y con eso también se requeriría un local más grande. Lo recomendable es ver si el número de SKU's en el inventario es menor al número permitido de stock de seguridad. Si la cantidad de cajas es menor al stock de seguridad, eso es un indicador que se debe aumentar la producción [180] de los tintes.

4.10. Variación de la composición del tinte y su impacto en costos

A partir de los resultados del análisis económico, se plantea reducir el costo de la materia prima para la manufactura del tinte de cabello. Para ello, se van a usar las *Tablas 8; 15; 36; 37 y 38*. En base a las tablas mencionadas, las *Tablas 59; 60; 61 y 62* muestran los rangos de las fracciones másicas predefinidas y costos por componente. Cabe resaltar que la masa del decolorante es 73,5 g por unidad y la masa del tinte es 49 g por unidad.

El criterio de cambio de concentraciones es disminuir el porcentaje de materia prima con costos mayores a 100 soles y completar con insumos de costos menores a 100 soles, los cuales son los ingredientes vegetales del decolorante y del tinte. Se prioriza la reducción de materiales de costo mayor a 200 soles. Los porcentajes másicos del ácido peracético y monoetanolamina van a cambiar lo menos posible debido a que son los componentes principales del decolorante y tinte respectivamente. El porcentaje de agua es complementario a los otros porcentajes de masa para poder llegar al 100%. Estos resultados están presentados en la *Tabla 63*.

Compuesto	Intervalo de % masa	% masa predefinido	Costo por kg [S/.]	Nuevo % masa
Aceite de Coco	5,00 – 35,00	33,00	45,00	35,00
Camu Camu en Polvo	0,10 – 7,00	0,20	150,00	0,10
Colágeno Marino hidrolizado	0,10 – 1,00	0,50	250,00	0,10
Harina de Cañihua	0,01 – 5,00	0,50	55,00	1,00
Harina de Maca	0,50 – 9,00	0,50	60,00	1,00

Tetra Pirofosfato de Sodio*	0,02 - 0,20	0,10	367,40	0,02
Estanato de Sodio*	0,04 - 0,15	0,05	879,24	0,04

Tabla 59: Nuevos porcentajes máxicos de los componentes sólidos del decolorante

Compuesto	Intervalo de % masa	% de masa predefinido	Costo por kg [S/.]	Nuevo % masa
Aceite de Coco	3,000 - 16,000	12,00	45,00	16,00
Camu Camu en Polvo	0,100 - 1,000	0,20	150,00	0,10
Harina de Cañihua	0,950 - 5,000	3,50	55,00	5,00
Harina de Maca	0,500 - 9,000	3,50	60,00	9,00
PPD 6 (oligómero)*	0,010 - 0,800	0,02	599,31	0,01
PPD 7 (oligómero)*	0,010 - 0,800	0,02	626,55	0,01
Resorcinol*	0,275 - 4,430	1,25	416,09	0,03
Cúrcuma Molida	0,500 - 2,000	1,00	40,00	2,00
Flores de Manzanilla en polvo	0,500 - 2,000	1,00	35,00	2,00

Tabla 60: Nuevos porcentajes máxicos de los componentes sólidos del tinte

Compuesto	Intervalo de % masa	% masa predefinido	Costo por L [S/.]	Nuevo % masa
Agua Destilada	$x_{j1} = 1 - \sum_{i=2}^n x_{ji}$	23,49	5,00	18,19
Ácido Peracético al 32 % wt	3,00 – 35,00	14,06	1436,63	14,00
Propilenglicol	7,00 – 16,00	14,50	30,00	16,00
Perfume de Vainilla	0,50 - 1,50	1,00	200,00	0,50
Etanol	0,74 – 14,00	12,00	42,30	14,00

Aceite de Germen de Trigo	0,05 – 2,00	0,10	280,00	0,05
---------------------------	-------------	------	--------	------

Tabla 61: Nuevos porcentajes máxicos de los componentes líquidos del decolorante

Compuesto	Intervalo de % masa	% de masa predefinido	Costo por L [S/.]	Nuevo % masa
Agua Destilada	$x_{j1} = 1 - \sum_{i=2}^n x_{ji}$	52,81	5,00	32,85
Monoetanolamina	0,50 - 4,08	2,00	200,60	2,00
Propilenglicol	2,00 - 14,50	10,00	30,00	14,50
Perfume de Vainilla	0,50 - 1,50	0,70	200,00	0,50
Etanol	7,00 – 16,00	12,00	42,30	16,00

Tabla 62: Nuevos porcentajes máxicos de los componentes líquidos del tinte

Decolorante			Tinte		
Compuesto	Masa [g]	Costo [S/.]	Compuesto	Masa [g]	Costo [S/.]
Agua Destilada	13,37	0,08	Agua Destilada	25,88	0,08
Ácido Peracético al 32% wt	10,29	14,64	Monoetanolamina	0,98	0,01
Propilenglicol	11,76	0,07	Propilenglicol	7,11	0,05
Aceite de Coco	25,73	1,16	Aceite de Coco	7,84	0,35
Camu Camu en Polvo	0,07	0,02	Camu Camu en Polvo	0,05	0,01
Perfume de Vainilla	0,37	0,01	Perfume de Vainilla	0,25	0,01
Etanol	10,29	0,07	Etanol	7,84	0,06
Colágeno Marino	0,07	0,02	Harina de Cañihua	2,45	0,13

hidrolizado					
Harina de Cañihua	0,74	0,04	Harina de Maca	4,41	0,26
Harina de Maca	0,74	0,04	PPD 6	0,01	0,01
Aceite de Germen de Trigo	0,04	0,15	PPD 7	0,01	0,01
Tetra Pirofosfato de Sodio	0,01	0,01	Resorcinol	0,01	0,01
Estanato de Sodio	0,03	0,03	Cúrcuma Molida	0,98	0,04
			Flores de Manzanilla en polvo	0,98	0,03
TOTAL	73,50	16,33	TOTAL	49,00	1,06

Tabla 63: Costo para producir 1 paquete de cambio de coloración de cabello con la reducción de costos

Se procede a sumar los costos para poder manufacturar 1 caja de producto. Recordar que el costo de la botella de 50 mL es de 1,30 soles, el costo de la botella de 100 mL es de 1,47 soles, la brocha cuesta 0,02 soles, el costo de los guantes es despreciable y la caja cuesta 0,02 soles.

$$\text{Costo para 1 caja} = 15,42 + 1,47 + 1,79 + 1,3 + 0,02 + 0,02 = S/. 20,02$$

A pesar de disminuir la cantidad de componentes costosos y aumentar la concentración de componentes de menor precio, el costo es S/. 0,12 mayor. Esta diferencia de costo va a afectar en el escalamiento para una producción anual.

$$\begin{aligned} \text{Costo anual del producto: } & \frac{20,02 \text{ S/.}}{1 \text{ caja}} \times \frac{1000 \text{ cajas}}{1 \text{ lote}} \times \frac{2 \text{ lotes}}{1 \text{ turno}} \times \frac{11 \text{ turnos}}{1 \text{ semana laboral}} \\ & \times \frac{52 \text{ semanas laborales}}{1 \text{ año}} \end{aligned}$$

Las Tablas 64 y 65 van a mostrar los cotos de insumos por caja, lote, semana y año.

%	Componente	Masa [kg]	Precio (por kg ó L) [S/.]	Costo por unidad [S/.]	Costo por lote [S/.]	Costo semanal [S/.]	Costo Anual [S/.]
35,00	Aceite Coco	25,725	S/ 45,00	S/ 1,16	S/ 1 157,63	S/ 25 467,75	S/ 1 324 323,00
0,10	Camu Camu	0,0735	S/ 150,00	S/ 0,01	S/ 11,03	S/ 242,55	S/ 12 612,60
0,10	Colágeno	0,0735	S/ 250,00	S/ 0,02	S/ 18,38	S/ 404,25	S/ 21 021,00
1,00	Cañihua	0,735	S/ 55,00	S/ 0,04	S/ 40,43	S/ 889,35	S/ 46 246,20
1,00	Maca	0,735	S/ 60,00	S/ 0,04	S/ 44,10	S/ 970,20	S/ 50 450,40
0,02	Tetra Piro	0,0147	S/ 367,40	S/ 0,01	S/ 5,40	S/ 118,82	S/ 6 178,49
0,04	Estanato	0,0294	S/ 879,24	S/ 0,03	S/ 25,85	S/ 568,69	S/ 29 572,01
18,19	Agua	13,36965	S/ 5,00	S/ 0,08	S/ 80,00	S/ 1 760,00	S/ 91 520,00
14,00	COOOH	10,29	S/ 1 436,63	S/ 14,64	S/ 14 640,00	S/ 322 080,00	S/ 16 748 160,00
16,00	Pglicol	11,76	S/ 30,00	S/ 0,07	S/ 70,00	S/ 1 540,00	S/ 80 080,00
0,50	Vainilla	0,3675	S/ 200,00	S/ 0,01	S/ 10,00	S/ 220,00	S/ 11 440,00
14,00	Etanol	10,29	S/ 42,30	S/ 0,07	S/ 70,00	S/ 1 540,00	S/ 80 080,00
0,05	Aceite Trigo	0,03675	S/ 280,00	S/ 0,15	S/ 150,00	S/ 3 300,00	S/ 171 600,00
100,00	TOTAL	73,5		S/ 16,32	S/ 16 322,80	S/ 359 101,61	S/ 18 673 283,70

Tabla 64: Costos de materia prima para la producción de decolorante

*Los componentes marcados con fondo negro son de alto costo y los componentes marcados con fondo plomo son de bajo costo.

Insumo	%	Masa [kg]	Precio (por kg ó L) [S/.]	Costo unitario [S/.]	Costo por lote [S/.]	Costo semanal [S/.]	Costo Anual [S/.]
Aceite Coco	16,00	7,84	S/ 45,00	S/ 0,35	S/ 352,80	S/ 7 761,60	S/ 403 603,20
Camu Camu	0,10	0,049	S/ 150,00	S/ 0,01	S/ 7,35	S/ 161,70	S/ 8 408,40
Cañihua	5,00	2,45	S/ 55,00	S/ 0,13	S/ 134,75	S/ 2 964,50	S/ 154 154,00
Maca	9,00	4,41	S/ 60,00	S/ 0,26	S/ 264,60	S/ 5 821,20	S/ 302 702,40
PPD 6	0,01	0,0049	S/ 599,31	S/ 0,00	S/ 2,94	S/ 64,61	S/ 3 359,49
PPD 7	0,01	0,0049	S/ 626,55	S/ 0,00	S/ 3,07	S/ 67,54	S/ 3 512,19
Resorcinol	0,03	0,0147	S/ 416,09	S/ 0,01	S/ 6,12	S/ 134,56	S/ 6 997,30
Cúrcuma	2,00	0,98	S/ 40,00	S/ 0,04	S/ 39,20	S/ 862,40	S/ 44 844,80
Manzanilla	2,00	0,98	S/ 35,00	S/ 0,03	S/ 34,30	S/ 754,60	S/ 39 239,20
Agua	32,85	16,0965	S/ 5,00	S/ 0,08	S/ 80,00	S/ 1 760,00	S/ 91 520,00
MEA	2,00	0,98	S/ 200,60	S/ 0,01	S/ 10,00	S/ 220,00	S/ 11 440,00
Pglicol	14,50	7,105	S/ 30,00	S/ 0,05	S/ 50,00	S/ 1 100,00	S/ 57 200,00
Vainilla	0,50	0,245	S/ 200,00	S/ 0,01	S/ 10,00	S/ 220,00	S/ 11 440,00
Etanol	16,00	7,84	S/ 42,30	S/ 0,06	S/ 60,00	S/ 1 320,00	S/ 68 640,00
TOTAL	100,00	49,00		S/ 1,06	S/ 1 055,12	S/ 23 212,71	S/ 1 207 060,98

Tabla 65: Costos de materia prima para la producción de tinte

*Los componentes marcados con fondo negro son de alto costo y los componentes marcados con fondo plomo son de bajo costo.

Según las tablas presentadas, los componentes más costosos son el PPD 6, el PPD 7, el resorcinol, el estanato de sodio y el tetra pirofosfato de sodio. La monoetanolamina y el perfume de vainilla también son costosos, pero no tanto como los componentes mencionados anteriormente.

A continuación, se va a mostrar el flujo de caja (ver *Tabla 66*) y el análisis de sensibilidad con la modificación de costos de materiales (ver *Tablas 67 y 68*). La *Tabla 69* va a mostrar la comparación entre los porcentajes originales de insumos y los porcentajes modificados de componentes.

Item	Antes de Operar		Año 1		Año 2		Año 3		Año 4		Año 5	
Venta	S/	-	S/	45 748 560,00								
% de Venta	S/	-		50%		90%		100%		100%		100%
INGRESOS	S/	-	S/	22 874 280,00	S/	41 173 704,00	S/	45 748 560,00	S/	45 748 560,00	S/	45 748 560,00
Agua	S/	-	-S/	0,75								
Energía	S/	-	-S/	4 983,30								
Anticongelante	S/	-	-S/	1 639,52								
Refrigerante	S/	-	-S/	46,77								
Productos de Limpieza	S/	-	-S/	161,65								
EPP	S/	-	-S/	1 156,00								
Materia Prima	S/	-	-S/	22 901 963,05								
Ingeniero Químico	S/	-	-S/	87 000,00								
Marketing	S/	-	-S/	-	-S/	24 000,00						
Trabajadores	S/	-	-S/	88 272,00								
Mantenimiento	S/	-	-S/	35 023,26								
Licencia	-S/	139,30	-S/	139,30	-S/	139,30	-S/	139,30	-S/	139,30	-S/	139,30
Depreciación	S/	-	-S/	-	-S/	7 465,59	-S/	7 465,59	-S/	7 338,99	-S/	7 465,59
Seguros	S/	-	-S/	11 674,42								
IGV (18 %)	S/	-	-S/	4 117 370,40	-S/	7 411 266,72	-S/	8 234 740,80	-S/	8 234 740,80	-S/	8 234 740,80
EGRESOS	-S/	139,30	-S/	27 249 430,42	-S/	30 574 792,33	-S/	31 398 266,41	-S/	31 398 139,81	-S/	31 398 266,41
Local	-S/	936 000,00	S/	-								
Equipos	-S/	105 137,56	S/	-	S/	-	S/	-	-S/	379,80	S/	-
Instalación	-S/	31 541,27	S/	-								
Empresa Marketing	-S/	3 500,00	S/	-								
Contingencia	-S/	21 027,51	S/	-								
INVERSIÓN	-S/	1 097 206,34	S/	-	S/	-	S/	-	S/	379,80	S/	-
TOTAL AÑO	-S/	1 097 345,64	-S/	4 375 150,42	S/	10 598 911,67	S/	14 350 293,59	S/	14 350 040,39	S/	14 350 293,59
TOTAL ACUMULADO	-S/	1 097 345,64	-S/	5 472 496,06	S/	5 126 415,61	S/	19 476 709,21	S/	33 826 749,60	S/	48 177 043,19

Tabla 66: Flujo de caja con modificación de costos de materia prima



Figura 53: Gráfica de flujo de caja con modificación de costos de materia prima

Punto	Definición	Monto [S/.]
A	Punto de Inicio	S/ -
B	Costo de Inversión	-S/ 1 097 206,34
C	Aplicar OPEX para Año 1	-S/ 28 346 636,76
D	Acumulación final Año 1	-S/ 5 472 496,06
E	Punto de Inflexión	S/ -
F	Acumulación final Año 2	S/ 5 126 415,61
G	Acumulación final Año 3	S/ 19 476 709,21
H	Acumulación final Año 4	S/ 33 826 749,60
I	Acumulación final Año 5	S/ 48 177 043,19

Tabla 67: Leyenda del eje X de la gráfica del flujo de caja con reducción de costos de materia prima

Cantidad de años	5
% Inversión	15%
VAN	S/54 119 580,22
TIR	154%
Precio	S/ 39,99

Tabla 68: VAN y TIR con reducción de costos de materia prima

Año	Estándar		Modificado		Diferencia con Original		%variación vs original	
Antes de Operar (0)	-S/ 1 097 345,64	-S/ 1 097 345,64	-S/ 1 097 345,64	-S/ 1 097 345,64	S/ -	S/ -	0,00%	0,00%
1	-S/ 4 241 462,46	-S/ 5 338 808,10	-S/ 4 375 150,42	-S/ 5 472 496,06	-S/ 133 687,96	-S/ 133 687,96	-3,15%	-2,50%
2	S/ 10 732 599,62	S/ 5 393 791,52	S/ 10 598 911,67	S/ 5 126 415,61	-S/ 133 687,95	-S/ 267 375,91	-1,25%	-4,96%
3	S/ 14 483 981,54	S/ 19 877 773,06	S/ 14 350 293,59	S/ 19 476 709,21	-S/ 133 687,95	-S/ 401 063,85	-0,92%	-2,02%
4	S/ 14 483 728,35	S/ 34 361 501,41	S/ 14 350 040,39	S/ 33 826 749,60	-S/ 133 687,96	-S/ 534 751,81	-0,92%	-1,56%
5	S/ 14 483 981,55	S/ 48 845 482,96	S/ 14 350 293,59	S/ 48 177 043,19	-S/ 133 687,96	-S/ 668 439,77	-0,92%	-1,37%
TOTAL	Total por año	Total acumulado	Total por año	Total acumulado	Total por año	Total acumulado	Total por año	Total acumulado

Tabla 69: Comparación de utilidades entre el modelo inicial vs el modelo de variación de costos de materia prima

El impacto del aumento de 12 centavos se ve reflejado en el escalamiento a una producción anual, el cual genera pérdidas anuales mayores a 133 mil soles. A pesar de haber reducido la cantidad de materia prima costosa y aumentar el porcentaje de insumos de menor precio, hay un factor que provocó el aumento del costo. Este causante es la cantidad de agua que se aplica en el decolorante y en el tinte. El motivo de este acontecimiento es porque el agua es el componente más barato de lo que compone al producto final. Al disminuir esta cifra, el costo de materia prima va a aumentar, debido a que se le está dando cabida a insumos más costosos que el agua.

4.11. Optimización de Costos de Materia Prima

Luego de haber visto el impacto generado por la modificación de porcentajes de insumos, respetando sus intervalos, se optó por optimizar los costos de materia prima. Para minimizar los costos, se trabajó con el software Julia, para investigación de operaciones. Con este software, se puede hallar el costo mínimo del producto a manufacturar mediante el método exacto [181]. Para hallar la solución óptima, se complementó el software Julia con la plataforma Jupyter Lab. Los códigos usados en Julia se encuentran en el Anexo 5.

Las Tablas 70 y 71 muestran los porcentajes óptimos para la composición del decolorante y del tinte. La Tabla 72 compara los porcentajes originales, modificados y óptimos para los costos de manufactura.

Compuesto	#	ρ [kg/m ³]	Costo por kg [soles/kg]	% min	fr min	% max	fr max	fr ópt	% ópt	Masa ópt [kg]	Costo ópt lote [S/.]	Costo unitario ópt [S/.]		
Agua Destilada	1	997	S/	5,02	Complemento			0,7194	71,94	52,8759	S/	265,18 S/	0,27	
Ac CO3H (32% wt)	2	1130	S/	1 270,80	9,375	0,09375		0,14	14	10,29	S/	13 076,50 S/	13,08	
Pglicol	3	1040	S/	28,85	7	0,07	16	0,16	0,07	7	5,145	S/	148,41 S/	0,15
Aceite Coco	4		S/	45,00	5	0,05	35	0,35	0,05	5	3,675	S/	165,38 S/	0,17
Camu Camu	5		S/	150,00	0,1	0,001	7	0,07	0,001	0,1	0,0735	S/	11,03 S/	0,01
P. Vainilla	6	1066	S/	187,62	0,5	0,005	1,5	0,015	0,005	0,5	0,3675	S/	68,95 S/	0,07
Etanol	7	789	S/	53,61	0,74	0,0074	14	0,14	0,0074	0,74	0,5439	S/	29,16 S/	0,03
Colágeno	8		S/	250,00	0,1	0,001	1	0,01	0,001	0,1	0,0735	S/	18,38 S/	0,02
Cañihua	9		S/	55,00	0,01	0,0001	5	0,05	0,0001	0,01	0,00735	S/	0,40 S/	0,00
Maca	10		S/	60,00	0,5	0,005	9	0,09	0,005	0,5	0,3675	S/	22,05 S/	0,02
Aceite Trigo	11	912,5	S/	306,85	0,05	0,0005	2	0,02	0,0005	0,05	0,03675	S/	11,28 S/	0,01
Tetra Piro	12		S/	367,40	0,02	0,0002	0,2	0,002	0,0002	0,02	0,0147	S/	5,40 S/	0,01
Estanato	13		S/	879,24	0,01	0,0001	0,15	0,0015	0,0004	0,04	0,0294	S/	25,85 S/	0,03
TOTAL								1	100	73,5	S/	13 847,95 S/	13,85	

Tabla 70: Composición óptima del decolorante para reducir el costo de manufactura

Compuesto	#	ρ [kg/m ³]	Costo por kg [soles/kg]	% min	fr min	%max	fr max	fr ópt	% ópt	Masa ópt [kg]	Costo ópt lote [S/.]	Costo unitario ópt [S/.]		
Agua Destilada	1	997	S/	5,02	Complemento			0,82655	82,655	40,50095	S/	203,11 S/	0,20	
MEA	2	1010	S/	198,61	0,5	0,005	4,08	0,0408	0,02	2	0,98	S/	194,64 S/	0,19
Pglicol	3	1040	S/	28,85	2	0,02	14,5	0,145	0,02	2	0,98	S/	28,27 S/	0,03
Aceite Coco	4		S/	45,00	3	0,03	16	0,16	0,03	3	1,47	S/	66,15 S/	0,07
Camu Camu	5		S/	150,00	0,1	0,001	1	0,01	0,001	0,1	0,049	S/	7,35 S/	0,01
P. Vainilla	6	1066	S/	187,62	0,5	0,005	1,5	0,015	0,005	0,5	0,245	S/	45,97 S/	0,05
Etanol	7	789	S/	53,61	7	0,07	16	0,16	0,07	7	3,43	S/	183,89 S/	0,18
Cañihua	8		S/	55,00	0,95	0,0095	5	0,05	0,0095	0,95	0,4655	S/	25,60 S/	0,03
Maca	9		S/	60,00	0,5	0,005	9	0,09	0,005	0,5	0,245	S/	14,70 S/	0,01
PPD 6	10		S/	599,31	0,01	0,0001	0,8	0,008	0,0001	0,01	0,0049	S/	2,94 S/	0,00
PPD 7	11		S/	626,55	0,01	0,0001	0,8	0,008	0,0001	0,01	0,0049	S/	3,07 S/	0,00
Resorcinol	12		S/	416,09	0,275	0,00275	4,43	0,0443	0,00275	0,275	0,13475	S/	56,07 S/	0,06
Cúrcuma	13		S/	40,00	0,5	0,005	2	0,02	0,005	0,5	0,245	S/	9,80 S/	0,01
Manzanilla	14		S/	35,00	0,5	0,005	2	0,02	0,005	0,5	0,245	S/	8,58 S/	0,01
TOTAL								1	100	49	S/	850,13 S/	0,85	

Tabla 71: Composición óptima del tinte para reducir el costo de manufactura

Item	Costo Original	Costo Modificado	Costo Óptimo
Decolorante	S/ 15,47	S/ 15,42	S/ 13,85
% variación de costo del decolorante	0,00%	-0,32%	-10,47%
Tinte	S/ 1,63	S/ 1,79	S/ 0,85
% variación de costo del tinte	0,00%	10,23%	-47,70%
Costo unitario (+ caja, botellas, brocha y guantes)	S/ 19,90	S/ 20,02	S/ 17,51
Variación de costo unitario	S/ -	S/ 0,12	-S/ 2,39
% variación de costo unitario	0,00%	0,59%	-12,03%
Costo anual	S/ 22 768 275,09	S/ 22 901 963,05	S/ 20 029 246,58
% variación de costo anual	0,00%	0,59%	-12,03%
Ahorro / gasto	S/ -	S/ 133 687,97	-S/ 2 739 028,51
VAN	S/ 55 339 789,99	S/ 54 119 580,22	S/ 80 339 719,26
TIR	158%	154%	260%

Tabla 72: Comparación entre las diferentes versiones de costo de materia prima

Se va a presentar el flujo de caja, el VAN y el TIR con el costo óptimo de materia prima en las siguientes tablas y figuras. En la *Tabla 76* se compara el modelo de costos de materia prima optimizados con los modelos anteriores.

Item	Antes de Operar		Año 1		Año 2		Año 3		Año 4		Año 5	
Venta	S/	-	S/	45 748 560,00								
% de Venta	S/	-		50%		90%		100%		100%		100%
INGRESOS	S/	-	S/	22 874 280,00	S/	41 173 704,00	S/	45 748 560,00	S/	45 748 560,00	S/	45 748 560,00
Agua	S/	-	-S/	0,75								
Energía	S/	-	-S/	4 983,30								
Anticongelante	S/	-	-S/	1 639,52								
Refrigerante	S/	-	-S/	46,77								
Productos de Limpieza	S/	-	-S/	161,65								
EPP	S/	-	-S/	1 156,00								
Materia Prima	S/	-	-S/	20 029 246,58								
Ingeniero Químico	S/	-	-S/	87 000,00								
Marketing	S/	-	S/	-	-S/	24 000,00						
Trabajadores	S/	-	-S/	88 272,00								
Mantenimiento	S/	-	-S/	35 023,26								
Licencia	-S/	139,30	-S/	139,30	-S/	139,30	-S/	139,30	-S/	139,30	-S/	139,30
Depreciación	S/	-	S/	-	-S/	7 465,59	-S/	7 465,59	-S/	7 338,99	-S/	7 465,59
Seguros	S/	-	-S/	11 674,42								
IGV (18 %)	S/	-	-S/	4 117 370,40	-S/	7 411 266,72	-S/	8 234 740,80	-S/	8 234 740,80	-S/	8 234 740,80
EGRESOS	-S/	139,30	-S/	24 376 713,95	-S/	27 702 075,86	-S/	28 525 549,94	-S/	28 525 423,34	-S/	28 525 549,94
Local	-S/	936 000,00	S/	-								
Equipos	-S/	105 137,56	S/	-	S/	-	S/	-	-S/	379,80	S/	-
Instalación	-S/	31 541,27	S/	-								
Empresa Marketing	-S/	3 500,00	S/	-								
Contingencia	-S/	21 027,51	S/	-								
INVERSIÓN	-S/	1 097 206,34	S/	-	S/	-	S/	-	-S/	379,80	S/	-
TOTAL AÑO	-S/	1 097 345,64	-S/	1 502 433,95	S/	13 471 628,14	S/	17 223 010,06	S/	17 222 756,86	S/	17 223 010,06
TOTAL ACUMULADO	-S/	1 097 345,64	-S/	2 599 779,59	S/	10 871 848,56	S/	28 094 858,62	S/	45 317 615,49	S/	62 540 625,55

Tabla 73: Flujo de caja con el costo óptimo de materia prima



Figura 54: Gráfica del flujo de caja con el costo óptimo de materia prima

Punto	Definición	Monto [S/.]
A	Punto de Inicio	S/ -
B	Costo de Inversión	-S/ 1 097 206,34
C	Aplicar OPEX para Año 1	-S/ 25 473 920,29
D	Acumulación final Año 1	-S/ 2 599 779,59
E	Punto de Inflexión	S/ -
F	Acumulación final Año 2	S/ 10 871 848,56
G	Acumulación final Año 3	S/ 28 094 858,62
H	Acumulación final Año 4	S/ 45 317 615,49
I	Acumulación final Año 5	S/ 62 540 625,55

Tabla 74: Gráfica de flujo de caja

Cantidad de años	5
% Inversión	15%
VAN	S/80 339 719,26
TIR	260%
Precio	S/ 39,99

Tabla 75: VAN y TIR del proyecto con el costo óptimo de materia prima

Año	Diferencia con Original		%variación vs original		Diferencia con Modificado		%variación vs modificado	
Antes de Operar (0)	S/ -	S/ -	0,00%	0,00%	S/ -	S/ -	0,00%	0,00%
1	S/ 2 739 028,51	S/ 2 739 028,51	64,58%	51,30%	S/ 2 872 716,47	S/ 2 872 716,47	64,58%	51,30%
2	S/ 2 739 028,52	S/ 5 478 057,04	25,52%	101,56%	S/ 2 872 716,47	S/ 5 745 432,94	25,52%	101,56%
3	S/ 2 739 028,52	S/ 8 217 085,56	18,91%	41,34%	S/ 2 872 716,47	S/ 8 618 149,42	18,91%	41,34%
4	S/ 2 739 028,51	S/ 10 956 114,08	18,91%	31,88%	S/ 2 872 716,47	S/ 11 490 865,89	18,91%	31,88%
5	S/ 2 739 028,51	S/ 13 695 142,59	18,91%	28,04%	S/ 2 872 716,47	S/ 14 363 582,36	18,91%	28,04%
TOTAL	Total por año	Total acumulado	Total por año	Total acumulado	Total por año	Total acumulado	Total por año	Total acumulado

Tabla 76: Comparación entre diferentes versiones de los costos de materia prima

Con el resultado obtenido, se comprueba que la cantidad de agua influye bastante con el costo de materia prima. El criterio que usó el software Julia ha sido maximizar la cantidad del agua, pero respetando las cantidades mínimas o fijas de los otros componentes del decolorante y del tinte.

A continuación, se van a plantear 2 escenarios del proyecto con el costo óptimo, pero en situación de inflación. Una variante a plantear del caso de inflación es conocer hasta qué valor del tipo de cambio (de dólar a sol) el proyecto es rentable en el plazo de 5 años (plazo para empresas pequeñas [12]), en otras palabras, que el VAN sea mayor o igual a 0 [179] (se pondrá 0,01 soles como valor objetivo). Esta versión tendrá al precio de venta (39,99 soles) como valor fijo. La segunda variante tiene la misma regla, pero considerando el precio máximo del tinte según la segunda encuesta realizada, este monto es de 70 soles.

Para ambas situaciones, se considera la siguiente ecuación:

$$\frac{3,76}{\tilde{N}} = \frac{1}{S} \quad \text{Ec. 29}$$

$$OPEX_{modificado} = OPEX \times S$$

Donde S es el factor de aumento máximo que el proyecto pueda recuperar su inversión en el quinto año.

\tilde{N} es el valor máximo del tipo de cambio de dólares a soles que el proyecto pueda ser rentable en un plazo de 5 años.

- ❖ Punto crítico del tipo de cambio con el precio definido del producto (39,99 soles)

Para poder hallar este valor, se realizaron cálculos iterativos en Microsoft Excel. El tipo de cambio máximo que puede soportar el proyecto con el precio definido del tinte es de 5,00 soles. En el tercer año de la empresa ya inician las ganancias.



Figura 55: Gráfica de flujo de caja con costos de materia prima optimizados, inflación y con el precio de venta a 39,99 soles

Punto	Definición	Monto [S/.]
A	Punto de Inicio	S/ -
B	Costo de Inversión	-S/ 1 097 206,34
C	Aplicar OPEX para Año 1	-S/ 25 450 571,45
D	Acumulación final Año 1	-S/ 10 609 849,81
E	Acumulación final Año 2	-S/ 6 245 225,55
F	Acumulación final Año 3	S/ 1 599 142,10
G	Acumulación final Año 4	S/ 9 443 173,03
H	Acumulación final Año 5	S/ 17 287 540,68

Tabla 77: Leyenda y cifras del flujo de caja con costos de materia prima optimizados, inflación y con el precio de venta a 39,99 soles

Valor crítico del sol	S/	5,00
Factor de aumento		1,3299
Cantidad de años		5
% Inversión		15%
VAN		S/0,01
TIR		15%
Precio	S/	39,99

Tabla 78: VAN y TIR con reducción de costos de materia prima, con inflación y con el precio de venta a 39,99 soles

Según Towler [12], puede haber una variación en el precio de venta de $\pm 20\%$. Para este caso, se va a considerar sólo el aumento del 20%. Debido a que, si disminuye el precio de venta, será perjudicial para las ganancias. A continuación, la *Tabla 79* muestra el valor crítico del tipo de cambio con el precio aumentado en un 20% y la *Tabla 80* muestra los montos acumulados a final de cada año.

Valor crítico del sol	S/	5,75
Factor de aumento		1,5294
Cantidad de años		5
% Inversión		15%
VAN		S/0,01
TIR		15%
Precio	S/	47,99

Tabla 79: VAN y TIR con reducción de costos de materia prima, con inflación y con el precio de venta a 39,99 + 20% soles



Figura 56: Gráfica de flujo de caja con reducción de costos de materia prima, inflación y con el precio de venta a 39,99 + 20% soles

Punto	Definición	Monto [S/.]
A	Punto de Inicio	S/ -
B	Costo de Inversión	-S/ 1 097 206,34
C	Aplicar OPEX para Año 1	-S/ 26 297 394,37
D	Acumulación final Año 1	-S/ 12 189 724,25
E	Acumulación final Año 2	-S/ 7 382 467,05
F	Acumulación final Año 3	S/ 1 403 298,24
G	Acumulación final Año 4	S/ 10 188 877,34
H	Acumulación final Año 5	S/ 18 974 642,63

Tabla 80: Leyenda y cifras del flujo de caja con reducción de costos de materia prima, inflación y con el precio de venta a 39,99 + 20% soles

El tipo de cambio máximo que se puede soportar es de 5,75 soles. Las ganancias se empiezan a dar al final del tercer año.

- ❖ Punto crítico del tipo de cambio con el precio máximo del producto (70 soles)

Para poder hallar este valor, se realizaron cálculos iterativos en Microsoft Excel. El tipo de cambio máximo que puede soportar el proyecto con el precio máximo, obtenido gracias a la segunda encuesta realizada, del tinte es de 7,46 soles. Las ganancias empiezan a darse en el tercer año.



Figura 57: Gráfica de flujo de caja con reducción de costos de materia prima, inflación y con el precio de venta máximo

Punto	Definición	Monto [S./]
A	Punto de Inicio	S/ -
B	Costo de Inversión	-S/ 1 097 206,34
C	Aplicar OPEX para Año 1	-S/ 28 564 349,80
D	Acumulación final Año 1	-S/ 15 543 042,73
E	Acumulación final Año 2	-S/ 9 456 511,47
F	Acumulación final Año 3	S/ 1 778 681,21
G	Acumulación final Año 4	S/ 13 013 745,21
H	Acumulación final Año 5	S/ 24 248 937,89

Tabla 81: Leyenda y cifras del flujo de caja con reducción de costos de materia prima, inflación y con el precio de venta máximo

Valor crítico del sol	S/ 7,46
Factor de aumento	1,9837
Cantidad de años	5
% Inversión	15%
VAN	S/0,01
TIR	15%
Precio	S/70,00

Tabla 82: VAN y TIR con reducción de costos de materia prima, con inflación y con el precio de venta máximo

Según Towler [12], puede haber una variación en el precio de venta de $\pm 20\%$. Para este caso, se va a considerar sólo el aumento del 20%. Debido a que, si disminuye el precio de venta, será perjudicial para las ganancias. A continuación, la *Tabla 84* muestra el valor crítico del tipo de cambio con el precio aumentado en un 20%.



Figura 58: Gráfica de flujo de caja con reducción de costos de materia prima, inflación y con el precio de venta máximo + 20%

Punto	Definición	Monto [S/.]
A	Punto de Inicio	S/ -
B	Costo de Inversión	-S/ 1 097 206,34
C	Aplicar OPEX para Año 1	-S/ 29 981 841,05
D	Acumulación final Año 1	-S/ 17 341 821,73
E	Acumulación final Año 2	-S/ 10 559 462,11
F	Acumulación final Año 3	S/ 1 982 405,68
G	Acumulación final Año 4	S/ 14 524 175,47
H	Acumulación final Año 5	S/ 27 066 043,26

Tabla 83: Leyenda y cifras del flujo de caja con reducción de costos de materia prima, inflación y con el precio de venta máximo + 20%

Valor crítico del sol	S/ 8,37
Factor de aumento	2,2258
Cantidad de años	5
% Inversión	15%
VAN	S/0,01
TIR	15%
Precio	S/84,00

Tabla 84: VAN y TIR con reducción de costos de materia prima, con inflación y con el precio de venta a máximo + 20%

El tipo de cambio límite es 8,37 soles, las ganancias se empiezan a dar en el tercer año.

Por último, la *Tabla 85* plantea un escenario donde todos los parámetros de sensibilidad planteados por Towler [12] sean las cifras menos convenientes para conocer a qué precio se debería vender el producto con la finalidad de que el proyecto sea rentable en 5 años (VAN =0,01).

Parámetro	Rango de Variación	Peor Escenario
Ratio de Producción	± 20% de la cifra base	-20%

Costo de Materia Prima	- 10% a + 30% de la cifra base	+30% × -20%
Costos Energéticos (Luz, Agua, Refrigerante)	- 50% a + 100% de la cifra base	+100%
Capital Asignado para el ISBL y OSBL	- 20% a + 50% de la cifra base	+50%

Tabla 85: Parámetros de sensibilidad de escenario negativo (Adaptado de [12])

Punto	Definición	Monto [S/.]
A	Punto de Inicio	S/ -
B	Costo de Inversión	-S/ 1 202 248,26
C	Aplicar OPEX para Año 1	-S/ 25 263 111,85
D	Acumulación final Año 1	-S/ 8 629 253,69
E	Acumulación final Año 2	-S/ 5 175 683,09
F	Punto de Inflexión	S/ -
G	Acumulación final Año 3	S/ 1 005 863,09
H	Acumulación final Año 4	S/ 7 187 156,08
I	Acumulación final Año 5	S/ 13 368 702,26

Tabla 86: Montos acumulados con los parámetros de sensibilidad menos favorables



Figura 59: Gráfica de flujo de caja con los parámetros de sensibilidad menos favorables

Cantidad de años	5
% Inversión	15%
VAN	S/0,01
TIR	15%
Precio	S/36,35

Tabla 87: VAN y TIR del flujo de caja con los parámetros de sensibilidad menos favorables

A partir de los resultados obtenidos en el estudio de escenarios. El proyecto es sostenible con su precio de producto estándar (39,99 soles) y escenarios adversos. La Tabla 87 indica que el precio mínimo que el proyecto puede aguantar frente a parámetros de sensibilidad adversos es de 36,35 soles.

4.12. Almacenamiento y frecuencia de compra de insumos de alto costo y perecibles

Se han mapeado los puntos más sensibles en los costos de operación y estos son los insumos más costosos para la elaboración del tinte. Las Tablas 88 y 89 presentan estos insumos en mención, sus costos por kg o L (dependiendo si son sólidos o líquidos) y la cantidad usada por caja, lote, semana y año.

Componente	%	Masa unidad [g]	Precio (por kg ó L) [S/.]	Costo por unidad [S/.]	Costo por lote [S/.]	Costo semanal [S/.]	Costo Anual [S/.]
Colágeno	0,10	0,0735	S/ 250,00	S/ 0,02	S/ 18,38	S/ 404,25	S/ 21 021,00
Tetra Piro	0,02	0,0147	S/ 367,40	S/ 0,01	S/ 5,40	S/ 118,82	S/ 6 178,49
Estanato	0,04	0,0294	S/ 879,24	S/ 0,03	S/ 25,85	S/ 568,69	S/ 29 572,01
PPD 6	0,01	0,0049	S/ 599,31	S/ 0,00	S/ 2,94	S/ 64,61	S/ 3 359,49
PPD 7	0,01	0,0049	S/ 626,55	S/ 0,00	S/ 3,07	S/ 67,54	S/ 3 512,19
Resorcinol	0,03	0,0147	S/ 416,09	S/ 0,01	S/ 6,12	S/ 134,56	S/ 6 997,30
MEA	2,00	0,98	S/ 200,60	S/ 0,01	S/ 10,00	S/ 220,00	S/ 11 440,00
P. Vainilla	0,50	0,245	S/ 200,00	S/ 0,01	S/ 10,00	S/ 220,00	S/ 11 440,00

Tabla 88: Costos de componentes con precios mayores o iguales a 200 soles por kg o L

**Los componentes sombreados de plomo son insumos líquidos*

Debido a su alto costo en comparación de los demás insumos, se debe decidir si se harán compras anuales o si serán más frecuentes. Para ello, se van a presentar primero las cantidades (en kg) de cada insumo.

Componente	%	Masa unidad [g]	Precio (por kg ó L) [S/.]	Masa lote [kg]	Masa anual [kg]
Colágeno	0,10	0,0735	S/ 250,00	0,0735	84,084
Tetra Piro	0,02	0,0147	S/ 367,40	0,0147	16,8168
Estanato	0,04	0,0294	S/ 879,24	0,0294	33,6336
PPD 6	0,01	0,0049	S/ 599,31	0,0049	5,6056
PPD 7	0,01	0,0049	S/ 626,55	0,0049	5,6056
Resorcinol	0,03	0,0147	S/ 416,09	0,0147	16,8168
MEA	2,00	0,98	S/ 200,60	0,98	1121,12
P. Vainilla	0,50	0,245	S/ 200,00	0,245	280,28

Tabla 89: Cantidad de insumos de alto costo necesarios para la producción

*Los componentes sombreados de plomo son insumos líquidos

La Tabla 90 muestra el tiempo de vida de cada insumo en mención.

Insumo	Tiempo de Vida	Condiciones de Almacenamiento
Tetra pirofosfato de sodio	Químicamente estable [182] 2 años (estándar)	Recipiente cerrado, temperatura ambiente [182]
Estanato de sodio	Químicamente estable [183] 2 años (estándar)	Ambiente ventilado, alejarlo de metales, recipiente cerrado, el recipiente se debe abrir con un sistema de aspiración local. [183]
PPD 6 y PPD 7 (referencia al PPD)	Químicamente estable [184] 2 años (estándar)	Ambiente ventilado, fresco, evitar luz directa [184]
Resorcinol	Químicamente estable [185] 2 años (estándar)	Ambiente ventilado y seco, temperatura ambiente, envase hermético. Evitar luz directa. [185].
Monoetanolamina	Químicamente estable [186] 2 años (estándar)	Alejar de toda fuente de chispas, lugar ventilado y anti explosiones [186].

Perfume de Vainilla	2 años [187]	Envase cerrado, temperatura ambiente [187]
---------------------	--------------	--

Tabla 90: Tiempo de vida en almacén de los insumos de alto costo

A partir de la *Tabla 90*, se puede concluir que es prudente realizar una compra anual por estos componentes en mención, al igual que los otros componentes que no son perecibles o tardan en vencer. Estos insumos son agua, ácido peracético, etanol y propilenglicol.

Por otro lado, también hay insumos que directamente vienen de plantas y tienen un menor tiempo de caducidad, entre ellos están: harina de maca, cañihua molida, cúrcuma en polvo, manzanilla pulverizada y camu camu en polvo. También cae en esta categoría el colágeno marino hidrolizado en polvo. Según la molinera española Fuensanta [188], la vida útil de las harinas es de 2 a 3 meses. Este tiempo se puede extender si se almacena la harina en un refrigerador, su tiempo de vida aumenta a 6 meses. Si se almacena en un congelador, su tiempo de vida puede durar hasta 1 año. El aceite de coco tiene un tiempo de vida de 2 años [189] y el aceite de germen de trigo tiene un tiempo de vida de 1 año [131].

En base a la información líneas arriba, se realizará la compra de harinas de forma mensual y la compra de aceites de trigo y de coco de forma anual. La *Tabla 91* va resumir la frecuencia de compra para cada insumo.

Insumo	Frecuencia de Compra
Tetra pirofosfato de sodio	1 vez al año
Estanato de sodio	1 vez al año
PPD 6 y PPD 7 (referencia al PPD)	1 vez al año
Resorcinol	1 vez al año
Monoetanolamina	1 vez al año

Perfume de Vainilla	1 vez al año
Agua	1 vez al año
Ácido Peracético	1 vez al año
Etanol	1 vez al año
Propilenglicol	1 vez al año
Harinas de origen vegetal y colágeno marino hidrolizado	1 vez al mes
Aceites vegetales	1 vez al año

Tabla 91: Frecuencia de compra de insumos para la elaboración del tinte

4.13. Matriz de Riesgos

Para poder elaborar la matriz de riesgos, primero se debe identificar los riesgos, luego evaluar la probabilidad y por último se debe asignarlos en la matriz [190].

Lista de riesgos:

- A. Incendio
- B. Derrame de componente químico
- C. Quemaduras
- D. Atasco de manos en la máquina llenadora de botellas
- E. Inhalación de vapores (olores fuertes)
- F. Fuga de refrigerante
- G. Fuga de anticongelante
- H. Explosión de tubería de refrigerante
- I. Resbalo

Probabilidad	Severidad/Consecuencias				
	Muy Baja	Baja	Media	Alta	Muy Alta

Muy Alta					
Alta					
Media					
Baja			B , E		H
Muy Baja	I	G	C	F	A , D

Tabla 92: Matriz de Riesgos

Según Simón [190], la tolerancia es el área de la matriz entre las zonas verdes y rojas, donde el rojo es un riesgo inaceptable para la empresa debido a la gran peligrosidad y la zona verde y azul son sucesos que generarían un daño muy leve y que son poco probables.

La matriz de riesgos de este proceso tiene pocas probabilidades de ocurrir, pero el daño ocasionado puede ser muy grande o pequeño dependiendo de la situación que se esté analizando.

4.14. Sostenibilidad

Para evaluar la sostenibilidad de un producto, se deben definir indicadores [191] y el producto a manufacturar debe cumplir con ello, al igual que el proceso de producción del bien final. A continuación, la *Tabla 93* va a mostrar los indicadores de sostenibilidad para la elaboración de los productos de cambio de coloración de cabello y su respectiva clasificación.

Número de Indicador	Indicador	Tipo [191]
1	Consumo de Agua	Ambiental
2	Consumo de Energía Eléctrica	Ambiental
3	Huella de Carbono	Ambiental
4	Precio Sostenible	Económico
5	Ciclo de Vida del Producto	Ambiental

Tabla 93: Indicadores de sostenibilidad y clasificación en el proceso planteado

A continuación, se va a presentar la aplicación de cada indicador en el proceso en las siguientes subsecciones.

4.14.1. Consumo de Agua

Se puede disminuir la cantidad de agua con dividir la cantidad de agua necesaria en “frío” y “caliente”. El agua fría estaría asignada para condensar el amoníaco del ciclo de refrigeración. Por otro lado, la cantidad de agua asignada para calentar primero se presuriza a 3 bar y después se eleva su temperatura a 130 °C. Esta cantidad de agua se recircula de forma paralela y cada uno entra a un sólo intercambiador de calor. Las *Figuras 60 y 61* muestran un esquema del sistema de intercambio de calor para estas corrientes de agua. Para el agua fría, el tanque de almacenamiento de agua transfiere calor al ambiente.

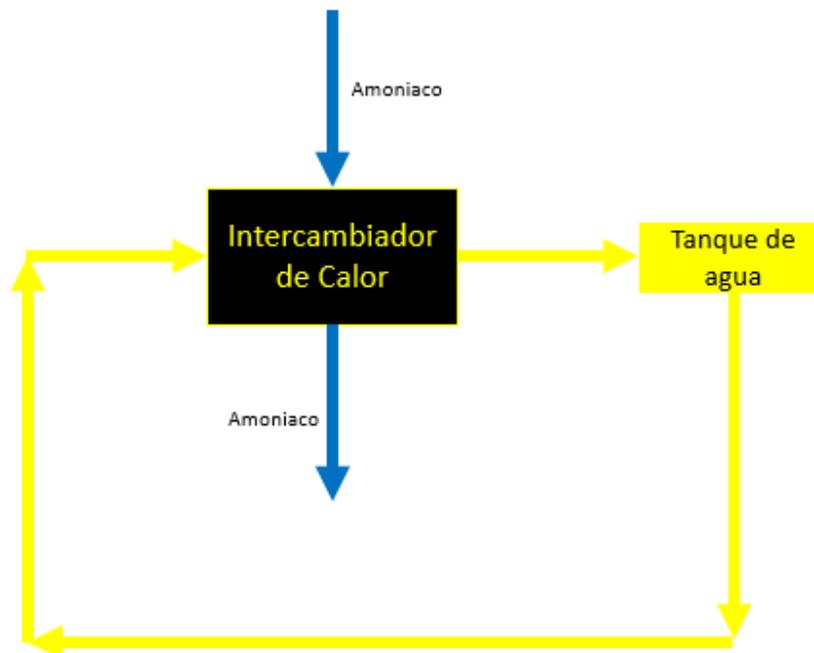


Figura 60: Esquema del sistema de enfriamiento del proceso de decolorante y tinte

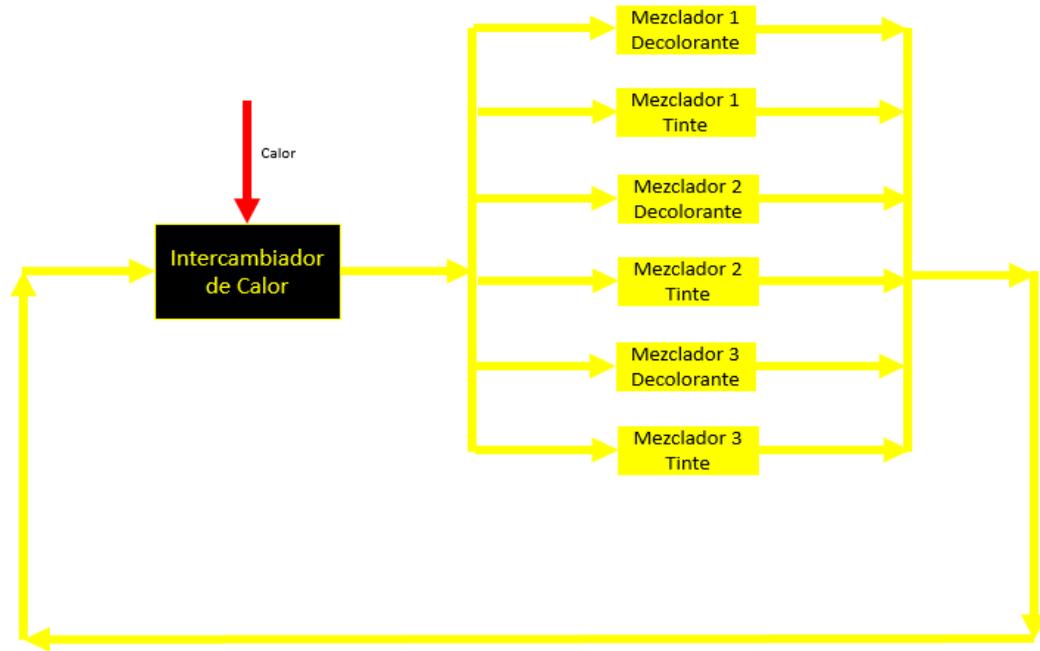


Figura 61: Esquema del sistema de calentamiento del proceso de decolorante y tinte

Se plantea usar un sistema de refrigeración para enfriar la corriente de anticongelante a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, el cual va a operar con amoníaco como gas refrigerante. La razón de usar amoníaco es su alta eficiencia y bajo impacto ambiental [192]. La *Tabla 94* muestra una comparación entre el amoníaco (R-717) y el R-410a para el recibimiento de 9,99 kW en un ciclo de refrigeración [193]. La *Figura 62* muestra el esquema de un ciclo de refrigeración.

Refrigerante	R-410a	Amoníaco
Presión Alta [bar]	28,82	6,89
Presión Baja [bar]	8,96	6,55
$T_{sat} (P_{baja})$ [$^{\circ}\text{C}$]	10,87	11,82
$T_{sat} (P_{alta})$ [$^{\circ}\text{C}$]	47,35	13,28

Flujo másico del refrigerante [kg/h]	161,73	29,25
Temperatura luego de recibir calor [°C]	51,40	17,33

Tabla 94: Comparación del rendimiento del amoníaco y del R-410a [111] [193]

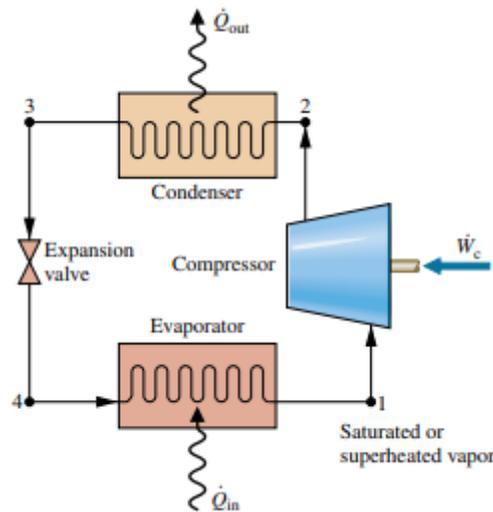


Figura 62: Esquema de un ciclo de refrigeración [111]

Para el agua caliente, se va a usar una bomba centrífuga para que llegue a una presión de 3 bar y una resistencia eléctrica con la finalidad de llevar al agua a 130°C (líquido saturado).

4.14.2. Consumo de Energía Eléctrica

Este indicador va relacionado al anterior, ya que se está reduciendo el uso de electricidad para elevar/disminuir la temperatura de las corrientes de agua de calentamiento/enfriamiento de los tanques mezcladores. Por otro lado, gracias al método del número de potencia [108], se ha podido minimizar la potencia del equipo a usar gracias a las aproximaciones de la Figura 34 y derivados.

La potencia del catálogo hallada es la sumatoria de potencias:

- ❖ Potencia de mezclado (accionado por un motor y mezclador doble) [109]
- ❖ Potencia de emulsión [109]

$$Potencia\ del\ catálogo = 1500\ W + 5500\ W = 7000\ W$$

$$Potencia_{Total} = 181,242\ W$$

4.14.3. Huella de Carbono

La huella de carbono se halla (para este caso) mediante el consumo de agua. Por cada m^3 de agua, se emiten 0,344 kg de dióxido de carbono. Entonces, se utilizan los kg usados de agua para el calentamiento/enfriamiento para el cálculo de la huella de carbono [194].

Primero se va a calcular la cantidad total de agua usada en los 6 mezcladores del proceso:

$$Agua_{Decolorante} = 35,528 + 9,651 + 125,4413 = 170,6203\ kg$$

$$Agua_{Tinte} = 34,19 + 5,313 + 79,6884 = 119,1914\ kg$$

$$\begin{aligned} 289,8117\ kg\ agua &\times \frac{1\ m^3\ agua}{997\ kg\ agua} \times \frac{0,344\ kg\ CO_2}{1\ m^3\ agua} \times \frac{1000\ g\ CO_2}{1\ kg\ CO_2} \\ &= 99,995\ g\ CO_2\ emitidos \end{aligned}$$

4.14.4. Precio Sostenible

A partir del análisis económico se determinó la utilidad del paquete de cambio de coloración de cabello. Además, que el producto cumple con la restricción mínima y máxima de precio (19,90 soles y 70 soles respectivamente). El precio definido para el producto final (39,99 soles) es ligeramente superior al precio promedio de los tintes en el mercado.

4.14.5. Ciclo de Vida del Producto

Ambas cremas (tinte y decolorante) están compuestas de insumos vegetales y materiales perecibles, lo cual su ciclo de vida es corto. A continuación, la *Tabla 95* muestra los insumos vegetales usados en el proceso de manufactura del producto:

Aceites	Harinas
Coco	Camu Camu
Germen de Trigo	Maca
	Cañihua
	Manzanilla
	Cúrcuma

Tabla 95: Insumos vegetales usados en el proceso

Por el lado de las cajas, están hechas de cartón, material reciclable. El objeto que tiene un mayor tiempo de vida son las botellas de LDPE, sin embargo, es un producto que se puede reciclar con facilidad [195].

4.14.6. Aceptación del Público

El producto a fabricar cumple con los requisitos del público objetivo planteados en el análisis referencial. Entre estos requisitos predominan la ausencia de amoníaco y peróxido de hidrógeno.

DISCUSIÓN / CONCLUSIONES / RECOMENDACIONES

El trabajo de investigación realizado propone una producción de decolorante y tinte de cabello hechos a partir de componentes vegetales y menos dañinos al consumidor. Estos componentes son plantas y aceites de origen vegetal, así como también se reemplazaron los componentes más nocivos de los paquetes de cambio de coloración convencionales.

Se identificaron los componentes de los tintes comerciales que generan resequedad y caída de cabello. A su vez, los componentes de mayor impacto negativo en la salud del usuario han sido reemplazados por unos menos dañinos y como evidencia, se compararon sus desventajas de cada uno.

Según los resultados obtenidos a partir del análisis referencial de mercado, la composición del tinte está dirigido a un cambio de coloración de tonos marrones a tonos rubios, el precio máximo es 100 soles y el mínimo era el costo por hacer una caja de producto. A partir de la información recolectada en el segundo análisis referencial de mercado, se confirma la mayoría de consumidores con cabello de tonos marrones y el precio máximo se reduce a 70 soles. Hay personas que por temor al daño que un tinte convencional pueda generar en su cabello no hacen la prueba de teñirlo, estas personas pasan a convertirse en prospectos de venta. Otro punto de reafirmación es que el tinte de cabello no debe contener amoniaco ya que puede producir irritación al cuero cabelludo, resequedad en el cabello y dermatitis.

Se planteó el modelo matemático del proceso de manufactura del decolorante y del tinte de cabello, así como también se mostraron los diagramas de flujos y las cantidades recomendadas por la presente investigación realizada. Para poder resolverlo, se debe especificar la cantidad de producto deseado y las fracciones másicas de los componentes de los productos y que estas fracciones másicas cumplan con los intervalos establecidos.

El tamaño de los equipos es relativamente pequeño para ser a escala industrial. Ya que el tanque de mayor capacidad es de 97,5 L y una altura de 50 cm aproximadamente. Sin

embargo, tienen la capacidad de poder producir lotes de 1000 cajas en un intervalo de aproximadamente 3 horas y cuarto. Los mezcladores están hechos de acero inoxidable L316, la agitación de la fase acuosa y de la fase orgánica son con paletas planas y la agitación para la emulsión es con palas helicoidales debido a que tiene una mayor viscosidad ($11 Pa \times s$) que la fase acuosa ($0,001 Pa \times s$). Respecto a los intercambiadores de calor, se usarán chaquetas térmicas que vienen incorporadas en los mezcladores, intercambiadores de doble tubo para el ciclo de refrigeración y un intercambiador de calor con calentamiento eléctrico para elevar la temperatura del fluido de calentamiento.

El proyecto es viable debido a que el VAN da una cifra positiva (55,3 millones de soles) y el TIR da una cifra alta (158 %) y en el segundo año del final del flujo de caja se ve que inician las ganancias. Se realizó un análisis de sensibilidad con varios escenarios para corroborar la robustez del proyecto. Entre los escenarios planteados, se analizan los puntos máximos de inflación que la producción puede aguantar, variación del precio de venta (puede aumentarse hasta los 70 soles establecidos por la mediana de la encuesta y disminuir hasta 31,80 soles para mantener ganancias), disminución de ventas (decaimiento único y continuo), variación de las proporciones de los insumos del decolorante y tinte, y la optimización de costos de materia prima. En el modelo optimizado se obtuvo un VAN de 80,3 millones de soles y un TIR de 260 %. Además, se evaluó la robustez el proyecto frente al peor escenario posible según el análisis de sensibilidad y puede ser factible con un precio mínimo de 36,35 soles. En base a estos resultados, se plantea una oportunidad a futuro para usar equipos de mayor tamaño y/o adquirir más equipos. El proceso también es sostenible, ya que usa un refrigerante eco amigable, no consume mucha agua y su emisión de carbono es considerablemente menor a 1 kg (emisión de 0,1 kg).

El proyecto presenta riesgos de accidentes con probabilidades muy bajas, pero hay casos donde puede las consecuencias pueden ser graves. Para ello, se debe instruir en seguridad a los trabajadores que vayan a operar en la planta.

Se puede concluir que:

- ❖ Se realizó la investigación respectiva de los productos de cambio de coloración de cabello a base de compuestos orgánicos, de los cuales la mayoría son de origen vegetal. Los insumos elegidos de origen vegetal, no compiten con la industria alimentaria ya que no son de consumo masivo y algunos de ellos son de origen peruano. Asimismo, se optó por usar compuestos pulverizados para evitar la merma al pelar, exprimir, extracción o la pulverización de la materia prima.
- ❖ Se identificaron los componentes de los tintes comerciales que generan resequedad y caída de cabello. A su vez, los componentes de mayor impacto negativo en la salud del usuario han sido reemplazados por unos menos dañinos y como evidencia, se compararon sus desventajas de cada uno.
- ❖ Se realizó el modelo matemático, los diagramas de proceso y los balances de materia y energía de los procesos del decolorante y del tinte.
- ❖ Se definieron los parámetros del proceso. La temperatura para los 6 mezcladores es de 75 °C y la presión de los tanques es de 1 atm.
- ❖ Se definieron los parámetros para los fluidos de calentamiento y enfriamiento. El agua caliente tiene una presión de 3 bar y una temperatura inicial de 130 °C. El anticongelante tiene una presión de 3 bar y de -10 °C.
- ❖ Se hallaron los tamaños y dimensiones necesarios para los tanques mezcladores que participarán en el proceso de producción del tinte de cabello. Los tanques de emulsión son de 100 L y de 65 L del decolorante y del tinte respectivamente. Los tanques de mezclado para las fases acuosas y orgánicas de ambos sub procesos de manufactura son de menor volumen. Con la ventaja de que los equipos no son espaciosos, va a resultar más sencillo conseguir un lugar de manufactura o sino se podrían instalar más equipos para aumentar la producción en caso las ventas son exitosas y hay una mayor demanda que atender. Otra ventaja de las dimensiones de los equipos es que se puede usar el espacio restante para almacén u oficina.
- ❖ El fluido refrigerante elegido es el amoniaco, debido a que no tiene un impacto ambiental negativo, su presión alta es de 9 bar y su presión baja es de 1,5 bar. La temperatura inicial antes de su evaporación es de -26 °C.

- ❖ Se planificó un plan de jornadas con miras a reducir tiempos muertos y aumentar la producción. Se redujo el tiempo de actividades del personal al implementar máquinas llenadoras, pasó de 3 horas y 28 minutos a 20 minutos. Consecuentemente, se disminuyó el número total de trabajadores de 5 a 3. Con ello, los trabajadores pueden lograr producir 2 lotes (cada lote son 1000 cajas de producto) por turno. De lunes a viernes se realizan 2 turnos mientras que los sábados se designó un solo turno. Semanalmente se producirían 22 lotes y sólo con 3 operarios. Adicionalmente, cada turno tiene 23 minutos sobrantes como margen de análisis y/o demoras además de 1 hora asignada para su refrigerio.
- ❖ Se realizó el análisis económico del proceso y se puede concluir que el proceso es viable y con gran potencial de hacer crecer su producción, cuenta con un VAN de casi 80,3 millones de soles y un TIR al 206% cuando se usa la composición óptima de insumos con la finalidad de minimizar costos por materia prima. El precio mínimo frente a los parámetros de sensibilidad más adversos es de 36,35 soles. El proyecto puede aguantar una inflación donde el tipo de cambio de dólar estadounidense a sol peruano sea de 4,54 soles si es que el producto se vende a su precio estándar (39,99 soles). Con el precio máximo establecido (70 soles) y con los costos de materia prima optimizados, la producción puede lograr aguantar una inflación con un tipo de cambio de 7,46 soles y obtener ganancias en el tercer año.
- ❖ Con la matriz de riesgos del proceso, se puede confirmar que la producción de tintes de cabello es una actividad con riesgos mínimos.
- ❖ Se marcaron indicadores de sostenibilidad para el proceso y marcan un inicio para poder mejorar el proceso con vías a su optimización. El proceso tiene un bajo consumo de agua (290 kg) y baja huella de carbono (100 g).

Se recomienda:

- ❖ Realizar pruebas para comprobar la eficiencia y la colorimetría del tinte.

- ❖ Realizar pruebas experimentales para medir la densidad y viscosidad del tinte y del decolorante.
- ❖ Tener una lista de diferentes agentes acopladores para realizar pruebas de tonalidades con estos compuestos y comparar con los agentes acopladores inicialmente seleccionados.
- ❖ Analizar la transferencia de masa del tinte (adsorción del pigmento de la crema del tinte hacia el cabello).
- ❖ Lograr un tiempo de teñido de cabello no mayor a 40 minutos y una duración del tinte en el cabello no menor a 2 meses y medio.
- ❖ Planificar e incorporar un proceso de control de calidad para los productos terminados.
- ❖ Adquirir un limpiador de tanques para poder reducir tiempos. Esta acción se haría cuando haya cierta cantidad de dinero adquirido por las ventas y se recupere la inversión inicial.
- ❖ Encontrar componentes más accesibles que puedan reemplazar al PPD 6 y PPD 7.
- ❖ Con la finalidad de disminuir más los costos, se puede reemplazar el perfume de vainilla en la composición por vainillina, ya que su costo por kg es 38 soles aproximadamente, mientras que un litro de perfume de vainilla cuesta 200 soles.
- ❖ Investigar y/o descubrir un mecanismo de reacción más eficiente para el teñido de cabello, ya que la conversión del PPD es muy baja (4%).
- ❖ Realizar un P&ID a partir del diagrama PFD para ubicar a los sensores mencionados en la sección 3.3 (Variables de Operación y Control).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Instituto Peruano de Economía, «Sector cosméticos e higiene caería 14% en el 2020,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.ipe.org.pe/portal/sectorcsmeticos-e-higiene-caeria-14-en-el-2020>. [Último acceso: 13 abril 2022].
- [2] A. Butler, «Do Customers Really Care About Your Environmental Impact?,» Forbes, 21 Agosto 2018. [En línea]. Available: <https://www.forbes.com/sites/forbesnycouncil/2018/11/21/do-customers-really-care-about-your-environmental-impact/?sh=b56b33240d0c>. [Último acceso: 13 Abril 2022].
- [3] El Comercio, «Sector cosméticos e higiene crecerá 6% en el 2022, proyecta la CCL,» El Comercio, 20 Setiembre 2022. [En línea]. Available: <https://elcomercio.pe/economia/peru/sector-cosmeticos-e-higiene-crecera-6-en-el-2022-proyecta-la-camara-de-comercio-de-lima-rmmn-noticia/?ref=ecr>. [Último acceso: 16 Setiembre 2023].
- [4] Cámara de Comercio de Lima, «Cosméticos e Higiene moverá más de S/ 4 500 millones en segundo semestre,» Cámara de Comercio de Lima, 4 Setiembre 2023. [En línea]. Available: <https://lacamara.pe/cosmeticos-e-higiene-movera-mas-de-s-4-500-millones-en-segundo-semestre/>. [Último acceso: 16 Setiembre 2023].
- [5] Diario Gestión, «El sector cosméticos e higiene personal crecería 3,3% este año,» Diario Gestión, 10 Marzo 2022. [En línea]. Available: <https://gestion.pe/economia/empresas/el-sector-cosmeticos-e-higiene-personal-creceria-33-este-ano-noticia/?ref=gesr>. [Último acceso: 13 Abril 2022].
- [6] S. Frey, J. Bar, V. Doshi, A. Malik y S. Noble, «Consumers care about sustainability—and back it up with their wallets,» McKinsey, 6 Febrero 2023. [En línea]. Available: <https://www.mckinsey.com/industries/consumer-packaged-goods/our-insights/consumers-care-about-sustainability-and-back-it-up-with-their-wallets>. [Último acceso: 2 Mayo 2023].
- [7] N. Madnani y K. Khan, «Hair Cosmetics,» *Indian Journal of Dermatology, Venerology and Leprology*, vol. 79, n° 5, p. 662, 2013.

- [8] P. Saitta, L. J. Messina, B. C. Wu, C. E. Cook, J. L. Messina, S. K. Grekin y J. Holland, «Is There a True Concern Regarding the Use of Hair Dye and Malignancy Development?,» *The Journal of Clinical and Aesthetic Dermatology*, vol. 6, n° 1, pp. 39-46, 6 Enero 2013.
- [9] V. Mishra, U. Sharma, D. Rawat, D. Benson, M. Singh y R. S. Sharma, «Fast-changing lifestyles and ecotoxicity of hair dyes drive the emergence of hidden toxicants threatening environmental sustainability in Asia,» *Environmental Research*, vol. 184, n° 109253, Myo 2020.
- [10] Andina, «Nivel de penetración de tintes para cabello en Perú es de 35% mientras que en Venezuela y Chile llega 50%,» Andina, 10 Junio 2011. [En línea]. Available: <https://andina.pe/agencia/noticia-nivel-penetracion-tintes-para-cabello-peru-es-35-mientras-que-venezuela-y-chile-llega-50-364885.aspx#:~:text=La%20penetraci%C3%B3n%20en%20el%20uso,cabello%2C%20inform%C3%B3%20hoy%20Henkel%20Peruana..> [Último acceso: 13 Abril 2022].
- [11] R. M. Felder y R. W. Rosseau, Principios Elementales de los procesos Químicos, Ciudad de México: Limusa Wiley, 2004.
- [12] G. Towler y R. Sinott, Chemical Engineering Design, 6 ed., Oxford: Butterworth-Heinemann, 2020.
- [13] Organización de las Naciones Unidas, «Objetivos de Desarrollo Sostenible,» Organización de las Naciones Unidas, 17 Abril 2022. [En línea]. Available: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>. [Último acceso: 17 Abril 2022].
- [14] K. Sakamoto, R. Lochhead, H. Maibach y Y. Yamashita, Cosmetic Science and Technology, Elsevier, Ed., Tokio, Ámsterdam: Elsevier, 2017.
- [15] How Products are Made, «Hair Dye,» 2022. [En línea]. Available: <http://www.madehow.com/Volume-3/Hair-Dye.html>. [Último acceso: 17 Abril 2022].
- [16] HBM, «¿Cómo funciona un proceso de embotellado de líquidos totalmente automatizado con tecnología de pesaje?,» 1 Enero 2023. [En línea]. Available: <https://www.hbm.com/es/6992/tecnologia-de-pesaje-para-automatizar-procesos-de-%20llenado/>. [Último acceso: 14 Junio 2023].
- [17] International Trade Centre, «ITC Trade Map,» International Trade Centre, 2021. [En línea]. Available: https://www.trademap.org/Country_SelProduct_TS.aspx?nvpm=1%7c%7c%7c%7c33%7c%7c%7c2%7c1%7c1%7c2%7c2%7c1%7c2%7c1%7c1%7c1. [Último acceso: 1 Mayo 2022].

- [18] Astute Analytica, «Hair Color Market - Industry Dynamics, Market Size, And Opportunity Forecast To 2030,» Astute Analytica, 2021.
- [19] Google Finance, «Precio en el Mercado de Valores y Noticias de L'Oréal (LOR),» Google, 19 Enero 2023. [En línea]. Available: <https://www.google.com/finance/quote/LOR:ETR?hl=es>. [Último acceso: 19 Enero 2023].
- [20] Google Finance, «Precio en el Mercado de Valores y Noticias de Coty Inc. (COTY),» Google, 19 Enero 2023. [En línea]. Available: <https://www.google.com/finance/quote/COTY:NYSE?hl=es&window=5Y>. [Último acceso: 19 Enero 2023].
- [21] A. Benaiges, «Tintes capilares. Evolución histórica y situación actual,» *Offarm*, vol. 26, n° 10, pp. 68-72, Noviembre 2007.
- [22] J. Pinuaga de Madariaga, «Apuntes Historia,» 1 Enero 2023. [En línea]. Available: <https://www.apunteshistoria.com/historico/el-oficio-mas-antiguo-del-mundo/>. [Último acceso: 16 Junio 2023].
- [23] CompoundChem, «The Chemistry of Permanent Dyes,» Explorations of everyday chemical compounds, 14 Mayo 2015. [En línea]. Available: <https://www.compoundchem.com/2015/05/14/hair-dyes/>. [Último acceso: 14 Junio 2023].
- [24] P. Eyer, «Reactions of Oxidatively Activated Arylamines with Thiols: Reaction Mechanisms and Biologic Implications. An Overview,» *National Library of Medicine*, vol. 6, n° 6, pp. 123-132, Octubre 1994.
- [25] Simply Hair, «Simply Hair,» 13 Enero 2021. [En línea]. Available: <https://www.simplyhair.co.uk/blogs/advice/hair-colouring-ammonia-good-bad-hair-health>. [Último acceso: 17 Abril 2022].
- [26] A. Guerra-Tapia y E. Gonzalez-Guerra, «Hair Cosmetics: Dyes,» *Actas Dermo-Sifilográficas*, vol. 105, n° 9, pp. 833-869, 1 Octubre 2014.
- [27] C. Boga, C. Delpivo, B. Ballarin, M. Morigi, S. Galli, G. Micheletti y S. Tozzi, «Investigation on the dyeing power of some organic natural compounds for a green approach to hair dyeing,» *Dyes and Pigments*, vol. 97, n° 1, pp. 9-18, Abril 2013.
- [28] P. Naishadham, P. R. Sushma y R. Dasika, «Evaluation of Organic Hair Dye Formulation by an Environment Friendly Process,» *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, vol. 28, pp. 152-157, 31 Julio 2013.

- [29] Z. Shadi, M. K. Mehrizi y M. Hadizadeh, «A Review of the Natural Resources Used to Hair Color and Hair Care Products,» *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, vol. 9, n° 7, pp. 1026-1030, 31 Julio 2017.
- [30] S. Sharif, P. Nabais, M. J. Melo y M. C. Oliveira, «Traditional Yellow Dyes Used in the 21st Century in Central Iran: The Knowledge of Master Dyers Revealed by HPLC-DAD and UHPLC-HRMS/MS,» *Molecules*, vol. 25, n° 4, p. 908, 18 Febrero 2020.
- [31] L. Sargsyan, V. Vill y T. Hippe, «Investigations of vegetable tannins as hair dyes and their interactions with pre-bleached hair fibres,» *International Journal of Cosmetic Science*, vol. 42, n° 4, pp. 320-327, 27 Abril 2020.
- [32] G. Venkatesan, Y. Dancik, A. Sinha, H. M. Kyaw, R. Srinivas, T. L. Dawson, M. Bigliardi, P. Bigliardi y G. Pastorin, «Development of novel alternative hair dyes to hazardous,» *Journal of Hazardous Materials*, vol. 402, n° 123712, 15 Enero 2021.
- [33] Mordor Intelligence, «COSMETIC DYE MARKET SIZE & SHARE ANALYSIS - GROWTH TRENDS & FORECASTS (2023 - 2028),» 2022.
- [34] S. Aparecida da França, M. Ferrera Dario, V. Brigatto Esteves, A. Rolim Baby y M. V. Robles Velasco, «Types of Hair Dye and Their Mechanisms of Action,» *Cosmetics*, vol. 2, n° 2, pp. 110-126, 22 Abril 2015.
- [35] Indus Valley, «Damage Free Gel Hair Colour - Black 1.00,» 1 Junio 2023. [En línea]. Available: <https://www.buyindusvalley.in/products/damage-free-gel-hair-colour-black-1-0-200ml-20g?variant=41509914968240>. [Último acceso: 26 Junio 2023].
- [36] Sun-In, «Sun-in Sun In Hair Lightener, Tropical Breeze & Lemon Fresh Combo,» Amazon, 1 Enero 2023. [En línea]. Available: https://www.amazon.com/-/es/Lightener-Tropical-Breeze-Lemon-Fresh/dp/B01MT3VGHW/ref=d_pd_sim_cn_sccl_2_1/143-4090832-3055742?pd_rd_w=CeliF&content-id=amzn1.sym.9b05b2a0-ebcb-457d-afb3-fe44c9b5eaae&pf_rd_p=9b05b2a0-ebcb-457d-afb3-fe44c9b5eaae&pf_rd_r=M19BT. [Último acceso: 26 Junio 2023].
- [37] V. Mujica, M. Delgado, M. Ramírez, I. Velásquez, C. Pérez y M. Rodríguez-Corella, «Formulación de un producto cosmético con propiedades antiarrugas a partir del aceite de semilla de merey (*Anacardium Occidentale* L),» *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, vol. 25, n° 2, Junio 2010.
- [38] K. Hunger, *Industrial Dyes: Chemistry, Properties, Applications*, Newark: Wiley, 2003.

- [39] myskinrecipes, «TDS (Toluene-2,5-Diamine Sulfate) (Oxidation Base / Primary),» 1 Enero 2023. [En línea]. Available: <https://www.myskinrecipes.com/shop/en/primary-oxidation-base/8073-toluene-25-diamine-sulfate.html>. [Último acceso: 11 Junio 2023].
- [40] M. H. Al-Enezi y F. S. Aldawsari, «Study of P-Phenylenediamine (PPD) Concentrations after Hair Dye Mixing: A Call for Safety Reassessment,» *Cosmetics*, vol. 9, n° 2, p. 41, 5 Abril 2022.
- [41] M. Al Dhafiri, B. Al Furaikh, A. Aljasir, T. Alsubaie, A. Al Dandan, R. Alfalah y S. Albahar, «Practice and Impact of Hair Dyeing; A Local Study,» *International Journal of Innovative Research in Medical Science (IJIRMS)*, vol. 7, n° 12, pp. 764-770, Diciembre 2022.
- [42] A. Scheman, C. Cha y M. Bhinder, «Alternative Hair-Dye Products for Persons Allergic to para-Phenylenediamine,» *Dermatitis*, vol. 22, n° 4, pp. 189-192, Agosto 2011.
- [43] Cosmetics Info, «Toluene-2,5-Diamine Sulfate,» 1 Enero 2023. [En línea]. Available: <https://www.cosmeticsinfo.org/ingredients/toluene-25-diamine-sulfate/>. [Último acceso: 11 Junio 2023].
- [44] Cosmetics info, «p-Aminophenol,» 1 Enero 2023. [En línea]. Available: <https://www.cosmeticsinfo.org/ingredients/p-aminophenol/#:~:text=p%2DAminophenol%2C%20m%2DAminophenol,in%20a%20highy%20controlled%20process..> [Último acceso: 12 Junio 2023].
- [45] Cosmille Europe, «P-AMINOPHENOL,» 1 Enero 2023. [En línea]. Available: <https://cosmilleurope.eu/es/inci/ingrediente/10047/p-aminophenol/>. [Último acceso: 12 Junio 2023].
- [46] L'Oreal, «L'Oreal Professionel Paris,» L'Oreal, 8 Mayo 2022. [En línea]. Available: <https://www.lorealparis.com.ar/como-leer-numeros-del-kit-de-coloracion#:~:text=L%60Or%C3%A9al%20Paris%20cre%C3%B3%20una,es%20un%20rubio%20muy%20claro..> [Último acceso: 8 Mayo 2022].
- [47] L'Oreal, «¿Por qué apostar por coloración sin amoníaco?,» L'Oreal, 2022. [En línea]. Available: <https://www.lorealprofessionnel.es/consejos-coloracion/coloraciones-sin-amoniac#:~:text=El%20amon%C3%ADaco%20es%20un%20catalizador,ligera.> [Último acceso: 17 Abril 2022].
- [48] Clean Beauty Boutique, «Amonia vs. MEA in Hair Color,» Clean Beauty Boutique, 17 Octubre 2019. [En línea]. Available: <https://www.thecleanbeautyboutique.com/ammonia-vs-mea-in-hair-color.> [Último acceso: 18 Abril 2022].

- [49] Better Natured, «Hair Color Ammonia vs. MEA in Hair Color,» Better Natured, 14 Enero 2022. [En línea]. Available: <https://betternatured.com/blogs/the-good-clean-fun-blog/ammonia-vs-mea-in-hair-color#:~:text=MEA%20is%20the%20ingredient%20that,the%20hair%20the%20same%20way..> [Último acceso: 20 Mayo 2023].
- [50] K. Igarashi y K. Maeda, «Research on Hair Bleach that Causes Less Hair,» *Cosmetics*, vol. 5, n° 2, p. 39, 20 Junio 2018.
- [51] A. McVean, «Where does the colour go when I bleach my hair?,» Montreal, 2018.
- [52] J.-A. Seo, I.-H. Bae, W.-H. Jang, J.-H. Kim, S.-Y. Bak, S.-H. Han, Y.-H. Park y K.-M. Lim, «Hydrogen peroxide and monoethanolamine are the key causative,» *Journal of Dermatological Science*, vol. 66, n° 1, pp. 12-19, 2012.
- [53] H. Klenk, P. H. Götz, R. Siegmeier y W. Mayr, «Peroxy Compounds, Organic,» de *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, vol. 26, Weinheim, Baden-Württembergs: Wiley, 2012, pp. 325-360.
- [54] L. C. Dias y V. Water, «Stable Alkaline Hair Bleaching Compositions and Method for Use Thereof». Estados Unidos Patente 6540791 B1, 1 Abril 2003.
- [55] J. C. Linnell, «VITAMINS | Water-Soluble: Thin-Layer (Planar) Chromatography,» de *Encyclopedia of Separation Science*, Londres, Academic Press, 2000, pp. 4454-4460.
- [56] J. A. Young, «Citric Acid,» *Journal of Chemical Education*, vol. 80, n° 5, p. 480, 1 Mayo 2003.
- [57] R. Chang y A. K. Goldsby, *Chemistry*, 12 ed., McGraw Hill, 2016.
- [58] M. Soto Tomas, J. T. Ruiz Martinez, G. Bigoin, B. J. Rottner y M. Burnel, «Procedimiento de limpieza química de intercambiadores de calor». España Patente WO2015044709A1, 24 Setiembre 2013.
- [59] D. C. Harris y C. A. Lucy, *Quantitative Chemical Analysis*, 9 ed., K. Parker, Ed., W. H. Freeman Company, 2016, p. AP27.
- [60] T. Dodevska, D. Hadzhiev y I. Shterev, «A Review on Electrochemical Microsensors for Ascorbic Acid Detection: Clinical, Pharmaceutical, and Food Safety Applications,» *Micromachines*, vol. 14, n° 1, 24 Diciembre 2022.
- [61] U.S. Department of Agriculture, «Limes, raw,» 2022.

- [62] S. M. Zapata y J.-P. Dufour, «Camu-camu *Myrciaria dubia* (HBK) McVaugh: Chemical composition of fruit,» *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 61, n° 3, pp. 349-351, 1993.
- [63] K. L. Penniston, S. Y. Kamada, P. R. Holmes y D. G. Assimos, «Quantitative Assessment of Citric Acid in Lemon Juice, Lime Juice, and Commercially-Available Fruit Juice Products,» *Journal of Endourology*, vol. 22, n° 3, pp. 567-570, 9 Febrero 2009.
- [64] C. N. Puchoc Suasnabar y J. A. Puchoc Suasnabar, «Efectos del consumo del limón peruano (*Citrus aurantifolia* y *Citrus latifolia*) sobre las estructuras dentarias,» Huancayo, 2019.
- [65] K. E. Mamani Fuentes, «Efecto de la concentración de maltodextrina como agente encapsulante de la vitamina C en el deshidratado por liofilización de la pulpa de camu camu (*Myrciaria dubia* HBK McVaugh) en Pucallpa,» Pucallpa, 2019.
- [66] S.-Y. Kang, Z. Ji y D. A. Villanueva, «Additives for Coloring Agents and Methods of Use Thereof». Canadá Patente 3145412, 30 Diciembre 2020.
- [67] A. Consoli, M. Fabbi, K. Grevalcuore y E. Facchetti, «Hair Colouring Compositions». Italia Patente 0040073, 10 Febrero 2022.
- [68] M. C. Restrepo Fernández, L. M. Zabala Toro y L. Gulot Morales, *Aceite de coco: características nutricionales y posibles aportes a la salud humana*, Caldas, Antioquía, 2020.
- [69] Parvati, «ACEITE DE COCO RBD,» 1 Enero 2023. [En línea]. Available: [https://psyn.com.ar/productos/aceite-de-coco-rbd/#:~:text=RBD%20\(Refinado%2C%20Blanqueado%2C%20Desodorizado\)%3A%20sin%20aroma%20y%20con,podemos%20encontrar%20en%20nuestra%20naturaleza..](https://psyn.com.ar/productos/aceite-de-coco-rbd/#:~:text=RBD%20(Refinado%2C%20Blanqueado%2C%20Desodorizado)%3A%20sin%20aroma%20y%20con,podemos%20encontrar%20en%20nuestra%20naturaleza..) [Último acceso: 9 Julio 2023].
- [70] Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, «Acerca del Codex,» FAO, 1 Enero 2023. [En línea]. Available: <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/about-codex/es/>. [Último acceso: 9 Julio 2023].
- [71] A. Garrote y R. Bonet, «Alteraciones del cabello y del cuero cabelludo. Cosmética capilar de tratamiento,» *Offarm*, vol. 27, n° 3, pp. 72-78, Marzo 2008.
- [72] A. D. Khan y M. N. Alam, «Cosmetics and their Associated Adverse Effects: A Review,» *Journal of Applied Pharmaceutical Sciences and Research*, vol. 2, n° 1, pp. 1-6, Abril 2019.
- [73] OVB Allfinanz España S.A., «¿Invirtiendo en negocios? Descubre la diferencia entre Capex y Opex,» OVB, 17 Marzo 2023. [En línea]. Available: <https://www.ovb.es/blog/articulo/capex-opex.html>. [Último acceso: 21 Setiembre 2023].

- [74] ESERP Digital Business & Law School, «¿QUÉ ES EL FLUJO DE CAJA Y CÓMO CALCULARLO?», ESERP Digital Business & Law School, 1 Enero 2023. [En línea]. Available: <https://es.eserp.com/articulos/que-es-el-flujo-de-caja/>. [Último acceso: 21 Setiembre 2023].
- [75] Compañía peruana de estudios de mercados y opinión pública, «Mercado de productos de consumo y uso personal,» Lima, 2012.
- [76] Compañía peruana de estudios de mercados y opinión pública, «Mercado de productos de consumos y uso personal,» Lima, 2012.
- [77] INEI, «Variación de los indicadores de precios de la economía,» Lima, 2023.
- [78] A. Magtiza, «1.3 How Does Hair Colour Work?», BCcampus, 2022.
- [79] Sello Nacional, *Tintes de Pelo, Labiales, Esmaltes de uñas, y Polvos*, Asunción, 2014.
- [80] D. E. Seborg, T. F. Edgar, D. A. Mellichamp y F. J. Doyle, *Process Dynamics and Control*, Wiley, 2016.
- [81] Microsonic, «Tecnología ultrasónica,» 1 Enero 2023. [En línea]. Available: <https://www.microsonic.de/es/suporte/ultrasonic-tecnolog%C3%ADa/principio.htm#:~:text=Los%20sensores%20ultras%C3%B3nicos%20microsonic%20permiten,de%20distancia%20de%200%2C025%20mm..> [Último acceso: 27 Junio 2023].
- [82] L'Oreal, «L'Oreal Paris Excellence Coloración Crème Triple Protección, Tono 02 Rubio Ultra Claro Dorado -50 ml,» 10 Enero 2022. [En línea]. Available: https://www.amazon.es/L'Oreal-Par%C3%ADs-Coloraci%C3%B3n-Excellence-Protecci%C3%B3n/dp/B008OV0E5I/ref=sr_1_4?__mk_es_ES=%C3%85M%C3. [Último acceso: 29 Mayo 2022].
- [83] J. D. Seader, E. J. Henley y D. K. Roper, *Separation process principles: With applications using process simulators*, vol. 4, Wiley, 2016.
- [84] R. C. Reid, J. M. Prausnitz y B. E. Poling, *The properties of gases and liquids*, McGraw Hill, 1988.
- [85] Wong, «Coloración para el Cabello,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.wong.pe/higiene-salud-y-belleza/cuidado-del-cabello/coloracion-para-el-cabello>. [Último acceso: 3 Julio 2022].

- [86] Metro, «Coloración para el Cabello,» Metro, 2022. [En línea]. Available: <https://www.metro.pe/higiene-salud-y-belleza/cuidado-del-cabello/coloracion-para-el-cabello>. [Último acceso: 3 Julio 2022].
- [87] Plaza Vea, «Tintes para cabello | Excellence | Palette | plazaVea",» Plaza Vea, 2022. [En línea]. Available: <https://www.metro.pe/higiene-salud-y-belleza/cuidado-del-cabello/coloracion-para-el-cabello>. [Último acceso: 3 Julio 2022].
- [88] Tottus, «Cuidado Capilar | Coloración,» Tottus, 2022. [En línea]. Available: <https://tottus.falabella.com.pe/tottus-pe/category/cat13920493/Coloracion>. [Último acceso: 3 Julio 2022].
- [89] Vivanda, «Tintes para Cabello | Vivanda,» Vivanda, 2022. [En línea]. Available: https://www.vivanda.com.pe/tintes?_q=tintes&map=ft. [Último acceso: 3 Julio 2022].
- [90] Henna Perú, «Coloración Capilar,» Henna Perú, 2022. [En línea]. Available: <https://hennaperu.com/collections/color>. [Último acceso: 3 Julio 2022].
- [91] Inkafarma, «Tintes para Cabello,» Inkafarma, 2022. [En línea]. Available: <https://inkafarma.pe/categoria/belleza/tintes-para-cabello/garnier>. [Último acceso: 3 Julio 2022].
- [92] Mifarma, «Tinte,» Mifarma, 2022. [En línea]. Available: <https://www.mifarma.com.pe/buscador?keyword=tinte>. [Último acceso: 3 Julio 2022].
- [93] M. Yoshida y K. Suzuki, «Hairdye Compositions». Europa Patente EP0894491A1, 3 Febrero 1999.
- [94] ConSalud, «Ácido láurico, el ingrediente preferido por el “mundo beauty”,» 27 Septiembre 2016. [En línea]. Available: https://www.consalud.es/estetic/belleza/acido-laurico-el-ingrediente-preferido-por-el-mundo-beauty_29270_102.html. [Último acceso: 9 Julio 2023].
- [95] Paula's Choice Research & Education Team, «Lauric Acid,» Paula's Choice, 1 Enero 2023. [En línea]. Available: <https://www.paulaschoice.com/ingredient-dictionary/ingredient-lauric-acid.html>. [Último acceso: 9 Julio 2023].
- [96] GC PTT Global Chemical Public Company Limited, «Hair Dye / Hair Color,» 1 Enero 2023. [En línea]. Available: <https://productsandsolutions.pttgcgroup.com/en/solutions/home-and-personal-care-chemicals/hair-dye-hair-color>. [Último acceso: 9 Julio 2023].
- [97] Y.-G. Pan, M.-I. Lim y L. R. Stasaitis, «Primary Intermediate for Use in Oxidative Hair Dyeing». Estados Unidos Patente 6342079, 29 Enero 2002.

- [98] S. Narasimhan, T. Vergara Imperial y L. C. Vena, «Method and Compositions for Bleaching Hair». Estados Unidos Patente 7001593, 21 Febrero 2006.
- [99] S. Narasimham y L. A. C. Vena, «Methods and Compositions for Bleaching Hair». Estados Unidos Patente 7189386, 13 Marzo 2007.
- [100] INCI Beauty, «Analysez la composition de vos cosmétiques,» Aubière, 2022.
- [101] INCI Beauty, «Tetrasodium Pyrophosphate,» Aubière, 2022.
- [102] INCI Beauty, «Sodium Stannate,» Aubière, 2022.
- [103] P. V. Power, «Beauty benefits of Vitamin E: Rescue for hair damage,» *PharmaTutor*, 2 Junio 2018.
- [104] H. Iwata y K. Shimada, *Formulas, Ingredients and Production of Cosmetics*, vol. 1, Tokio: Springer, 2013, p. 147.
- [105] H. T. Slover, «Tocopherols in foods and fats,» *American Oil Chemists' Society*, vol. 6, n° 5, pp. 291-296, 1 Mayo 1971.
- [106] Indecopi, «Cañihua,» Lima, 2018.
- [107] A. Bianchi, «Maca *Lepidium meyenii*,» *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, vol. 2, n° 3, pp. 30-36, Mayo 2003.
- [108] W. L. McCabe, J. C. Smith y P. Harriott, *Unit operations of chemical engineering*, vol. 7, Nueva York: McGraw-Hill, 2007.
- [109] Cedarstone Industry, «Cosmetic Emulsifying Homogenizer Archives,» 1 Enero 2022. [En línea]. Available: https://cedarstoneindustry.com/product-category/mixing-storage-vessels/cosmetic_vacuum_emulsifying_homogenizer/. [Último acceso: 18 Junio 2022].
- [110] A. Yaraghi, M. Ebrahimi y F. Ein-Mozaffari, «Mixing assessment of non-cohesive particles in a paddle mixer through experiments and discrete element method (DEM),» *Advanced Powder Technology*, vol. 29, n° 11, pp. 2693-2706, 19 Julio 2018.
- [111] M. J. Moran, H. N. Shapiro, D. D. Boettner y M. B. Bailey, *Fundamentals of Engineering Thermodynamics*, vol. 9, Wiley, 2018.
- [112] F. P. Incropera y D. P. Dewitt, *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, 7 ed., Wiley, 2017.
- [113] CoreChem, «Propylene Glycol Heat Transfer Fluid Freeze Point Chart,» 1 Enero 2022. [En línea]. Available: <https://corecheminc.com/wp-content/uploads/2020/06/Freeze-Point->

Chart-GlycoChill-Propylene-Glycol-Heat-Transfer-Fluid.pdf. [Último acceso: 1 Noviembre 2022].

- [114] M. Degeorge y J. Puco, «Compositions and Methods for Lightening the Color of Relaxed or Straightened Hair». Francia Patente 2563320, 10 Noviembre 2011.
- [115] B. Landa, E. Miklatzky, S. Abramovich, Y. Mazuz, A. Krassilnikov, E. Benny, G. Davara, C. Ofek, E. Ishkov, L. Shahar y D. Mandelik, «Sistemas para coloración personalizada». España Patente 2823977, 29 Julio 2020.
- [116] M. Iijima, N. Ando, T. Matsuo y Y. Nobuto, «Two-Part Hair Dye». Estados Unidos Patente 8449627, 28 Mayo 2013.
- [117] M. DeGeorge y M. Benn, «Hair Lightening Compositions and Methods of Use». Estados Unidos Patente 0346261, 11 Noviembre 2021.
- [118] D. Kodama, T. Chiba, H. Fujinuma, Y. Inagawa y S. Matsumoto, «Two-part hair dye or bleach composition». Australia Patente 2008246593, 13 Noviembre 2008.
- [119] H. Fujinuma, T. Matsuo, M. Ogawa, T. Iizaki, H. Saimiya, K. Okada, T. Koshika, M. Iijima y H. Miyabe, «Head Hair Dyeing Method». Japón Patente 8152858, 10 Abril 2012.
- [120] H. D. Boswell, J. M. Marsh, J. S. Park y M. A. Olshavsky, «Oxidative Treatment of Hair with Reduced Hair Damage». Estados Unidos Patente 7179302, 20 Febrero 2007.
- [121] M. C. Luna Martínez, «Proceso industrial para elaboración de tinte para cabello en base al colorante natural de Beta Vulgaris (Remolacha),» Quevedo, 2017.
- [122] Sigma-Aldrich, «Acido peracetico | Sigma-Aldrich,» 1 Enero 2022. [En línea]. Available: <https://www.sigmaaldrich.com/PE/es/search/peracetic-acid?dym=acids%20peracetic%20Cacide%20peracetic%20Camido%20peracetic&focus=products&page=1&perpage=30&sort=relevance&term=peracetic%20acid&type=product>. [Último acceso: 14 Junio 2022].
- [123] M. S. M. Al-Jethelah, A. Al-Sammarraie, S. H. Tasnim, S. Mahmud y A. Dutta, «Effect of convection heat transfer on thermal energy storage unit,» *De gruyter*, vol. 16, nº 1, pp. 861-867, 27 Octubre 2018.
- [124] Chemeo, «Chemical Properties of Propylene Glycol (CAS 57-55-6),» Céondo GmbH, 1 Enero 2022. [En línea]. Available: <https://www.chemeo.com/cid/23-447-0/Propylene-Glycol>. [Último acceso: 29 Mayo 2022].

- [125] ChemPages Netorials, «Thermodynamics: Heat and Enthalpy,» 1 Enero 2022. [En línea]. Available: <https://www2.chem.wisc.edu/deptfiles/genchem/netorial/modules/thermodynamics/enthalpy/enthalpy3.htm>. [Último acceso: 29 Mayo 2022].
- [126] E. T. Martin, *Process Control- Designing Processes and Control Systems for Dynamic Performance*, 2 ed., McGraw Hill, 2015.
- [127] J. H. Perry, *Perry's Chemical Engineers' handbook*, 9 ed., D. W. Green y M. Z. Southard, Edits., Estados unidos: McGraw-Hill, 2018.
- [128] P. A. Godoy Lemus, «Evaluación de Alternativas para la Recuperación de Calor en un Reactor de Surfactante en la Industria de Agroquímicos,» Ciudad de Guatemala, 2003.
- [129] Y. A. Çengel y J. M. Cimbala, *Fluid Mechanics : fundamentals and applications*, 4 ed., MacGraw-Hill, 2020.
- [130] Basca, «Basca washing machine to clean mixing tanks for paint production,» Team Basca, 1 Enero 2022. [En línea]. Available: <https://www.basca.tech/post/basca-washing-machine-to-clean-mixing-tanks-for-paint-production>. [Último acceso: 23 Octubre 2022].
- [131] É. Montero López, *Catálogo de Venta Aroma de los Andes*, 1 ed., vol. 1, Lima, Lima, 2022.
- [132] Y. Wu, «Alibaba,» TNDE Machinery, 1 Enero 2022. [En línea]. Available: https://spanish.alibaba.com/p-detail/Hair-1600573216268.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.43377e77. [Último acceso: 16 Noviembre 2022].
- [133] Google Finance, «Google Finance de Dólar estadounidense a Sol peruano,» Google, 14 Junio 2022. [En línea]. Available: <https://www.google.com/finance/quote/USD-PEN?hl=es&window=5Y>. [Último acceso: 14 Junio 2022].
- [134] Leno, «LENO-Mezclador de mezcla, homogeneizador, emulsor, silverson, mezclador de alta cizalla, precio de fábrica,» Leno, 1 Enero 2022. [En línea]. Available: <https://spanish.alibaba.com/p-detail/LENO-62356617907.html?spm=a2700.details.0.0.a8fa677bMhYbJj>. [Último acceso: 16 Noviembre 2022].
- [135] Grupo Falabella, «Karson | Bomba de Agua Centrifuga 0.5 HP 115L/min,» Sodimac, 1 Enero 2022. [En línea]. Available: <https://sodimac.falabella.com.pe/sodimac-pe/product/113777159/Bomba-De-Agua-Centrifuga-0.5-HP-Karson/113777164>. [Último acceso: 16 Noviembre 2022].

- [136] Leno, «LENO-Intercambiador de calor de tubo de condensador, carcasa sanitaria de acero inoxidable de grado alimenticio, precio,» Alibaba, 1 Enero 2023. [En línea]. Available: https://spanish.alibaba.com/p-detail/SS316L-1600222378691.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.15272dc3. [Último acceso: 22 Setiembre 2023].
- [137] Kaishan, «Compresor de Aire industrial americano, 15HP, 10 bar, Barato,» Alibaba, 1 Enero 2022. [En línea]. Available: https://spanish.alibaba.com/p-detail/15hp-1600325178016.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.214841e4. [Último acceso: 20 Noviembre 2022].
- [138] Elite, «Thermostatic expansion valves 068z3385 ten2 r134a expansion Valve External Flare X Solder,» Alibaba, 1 Enero 2022. [En línea]. Available: https://www.alibaba.com/product-detail/Thermostatic-Expansion-Valves-068Z3385-TEN2-R134A_62425036932.html. [Último acceso: 11 Noviembre 2022].
- [139] ACC Group, *Flete Internacional*, 1 ed., vol. 1, San Miguel, Lima Metropolitana, 2023, p. 3.
- [140] Luigi Disruptivo, «3 Mejores Agencias de Marketing Digital en Lima [2023],» 2 Enero 2023. [En línea]. Available: <https://luigidisruptivo.com/agencias-de-marketing-digital/#:~:text=1%2C000.00%20soles%20por%20un%20servicio,la%20empresa%20contratante%20del%20servicio>. [Último acceso: 25 Mayo 2023].
- [141] G. Raymond, Compositor, *Uso de empresas de marketing*. [Grabación de sonido]. Whatsapp. 2023.
- [142] Nexo Inmobiliario, «¿Qué es Lima Top? Todo lo que debes saber sobre esta área,» Nexo Inmobiliario, 11 Marzo 2021. [En línea]. Available: <https://blog.nexoinmobiliario.pe/lima-top-debes-saber/>. [Último acceso: 23 Junio 2022].
- [143] Redacción RPP, «¿Buscas vivienda? Este es el precio del m2 en estos los distritos de Lima Metropolitana,» *RPP*, 11 Febrero 2021.
- [144] Urbania, «Terreno en Venta Surquillo,» *Urbania*, 1 Noviembre 2022.
- [145] Municipalidad de Surquillo, «Estructura de Costos para Obtener Licencia de Funcionamiento,» 1 Enero 2013. [En línea]. Available: http://munisurquillo.gob.pe/portal/wp-content/uploads/2016/12/ESTRUTURA_DE_COSTOS_LICENCIAS_2013.pdf. [Último acceso: 2 Noviembre 2022].

- [146] Olivia Divina, «Olivia Divina,» 1 Enero 2022. [En línea]. Available: <https://www.olivadivina.pe/>. [Último acceso: 17 Junio 2022].
- [147] Plaza Vea, «Harina de Cañihua LA CASA MARIMEL Bolsa 200g | PlazaVea - Supermercado,» Plaza Vea, 1 Enero 2022. [En línea]. Available: <https://www.plazavea.com.pe/harina-de-canihua-la-casa-marimel-bolsa-200g/p>. [Último acceso: 17 Junio 2022].
- [148] Bioecológico Los Andes, «Harina De Maca Amarilla Gelatinizada,» Mercado Libre, 1 Enero 2022. [En línea]. Available: https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-438243478-harina-de-maca-amarilla-gelatinizada-_JM?searchVariation=86349885796#searchVariation=86349885796&position=2. [Último acceso: 16 Junio 2022].
- [149] Alfa Aesar, «A15680 p-Phenylenediamine, 97%,» Thermo Fisher Scientific, 1 Enero 2022. [En línea]. Available: <https://www.alfa.com/es/catalog/A15680/>. [Último acceso: 1 Julio 2022].
- [150] Merck, «Resorcinol,» Merck, 1 Enero 2022. [En línea]. Available: <https://www.sigmaaldrich.com/PE/es/substance/resorcinol11011108463>. [Último acceso: 15 Junio 2022].
- [151] Merck, «Sodium tetra pyrophosphate,» Merck, 1 Enero 2022. [En línea]. Available: https://www.merckmillipore.com/PE/es/product/tetra-Sodium-diphosphate-decahydrate,MDA_CHEM-106591. [Último acceso: 15 Junio 2022].
- [152] Locotemarket, «Cúrcuma en polvo x kg empacado,» 1 Enero 2022. [En línea]. Available: https://locotemarket.com/products/curcuma-x-kg?variant=40116018839729¤cy=PEN&utm_medium=product_sync&ut. [Último acceso: 16 Junio 2022].
- [153] Masala, «Manzanilla Molida,» Mercado Libre, 1 Enero 2022. [En línea]. Available: https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-445271628-manzanilla-molida-delivery-lima-provincias-bcp-yape-bbva-_JM#position=1&search_layout=stack&type=item&tracking_id=043c1a49-2a58-4a9a-ae7e-07c585e9a1bc. [Último acceso: 16 Junio 2022].
- [154] Sigma-Aldrich, «Sodium Stannate Trihydrate,» Merck, 1 Enero 2022. [En línea]. Available: <https://www.sigmaaldrich.com/PE/es/product/aldrich/336262>. [Último acceso: 15 Junio 2022].
- [155] Quimicosmetics, «Agua Destilada,» Mercado Libre, 1 Enero 2022. [En línea]. Available: <https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-619524517-agua-destilada-de-excelente->

calidad-1-It-
_JM#is_advertising=true&position=6&search_layout=stack&type=pad&tracking_id=22ed
4b2b-09cf-49a9-9111-
97be15df5d6a&is_advertising=true&ad_domain=VQCATCORE_LST&ad_pos. [Último
acceso: 8 Junio 2022].

- [156] Sigma-Aldrich, «Ethanolamine,» Merck, 1 Enero 2022. [En línea]. Available: <https://www.sigmaaldrich.com/PE/es/substance/ethanolamine6108141435>. [Último acceso: 15 Junio 2022].
- [157] Mercantil S.A., «Etanol Absoluto ANH ACS,» 1 Enero 2022. [En línea]. Available: <https://www.mercantil.com.pe/laboratorio/reactivos-quimicos/solventes-fcc-usp-hplc-ppb-ppp/etanol-absoluto-anh-acs>. [Último acceso: 15 Junio 2022].
- [158] Kingwin, «Aplicación para tinte de cabello, pincel para tinte de Color para peluquería,» Alibaba, 1 Enero 2023. [En línea]. Available: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/Hair-Coloring-Application-Color-Tint-Dye-60688867476.html>. [Último acceso: 2 Enero 2022].
- [159] Alibaba, «Factory Price Disposable PE Gloves Individually Packed Plastic Food Grade Gloves,» Alibaba, 1 Enero 2023. [En línea]. Available: https://www.alibaba.com/product-detail/Factory-Price-Disposable-PE-Gloves-Individually_1600526937032.html?spm=a2700.7735675.normal_offer.d_title.3b. [Último acceso: 2 Enero 2023].
- [160] Canrusu, «50 Uds 3ml 5ml 10ml 15ml 20ml 30ml 50ml 100ml de plástico de LDPE de 120ml gotero compresible botella de punta fina larga E líquido llenar contenedores,» Alibaba, 1 Enero 2022. [En línea]. Available: <https://es.aliexpress.com/item/1005003317816209.html?spm=a2g0o.productlist>. [Último acceso: 22 Junio 2022].
- [161] Trading China, «Amoniaco líquido NH₃, grado Industrial, 99.9%-99.9999%, venta al por mayor,» Alibaba, 1 Enero 2022. [En línea]. Available: <https://spanish.alibaba.com/p-detail/Wholesales-1600474285297.html?s=p>. [Último acceso: 21 Noviembre 2022].
- [162] Sodimac, «Guantes de Nitrilo Antideslizante,» Redline, 1 Enero 2022. [En línea]. Available: <https://sodimac.falabella.com.pe/sodimac-pe/product/113529533/Guantes-de-Nitrilo-Antideslizante/113529537>. [Último acceso: 21 Noviembre 2022].
- [163] SAE Ingenieros, «Gorro Quirúrgico Celeste Desechable X 100 Unid.,» Mercado Libre, 1 Enero 2022. [En línea]. Available: https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-441328743-gorro-quirurgico-celeste-desechable-x-100-unid-_JM. [Último acceso: 9 Noviembre 2022].

- [164] Werken, «Lentes de seguridad anti empañantes Luna Clara,» Promart, 1 Enero 2022. [En línea]. Available: <https://www.promart.pe/lentes-claros-de-seguridad-anti-empanantes-rayadura/p?gclid=Cj0KCQiAmaibBhCAARIsAKUlaKT2Sf9K8BA0uq8CU7TH>. [Último acceso: 9 Noviembre 2022].
- [165] Giriuniformes, «Bata Guardapolvo Mandil Sanitario Laboratorio X Mayor,» Mercado Libre, 1 Enero 2022. [En línea]. Available: https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-611679008-bata-guardapolvo-mandil-sanitario-laboratorio-x-mayor-_JM?searchVariation=174453892500#searchVariation=174453892500&po. [Último acceso: 9 Noviembre 2022].
- [166] Sodimac, «Bota Seguridad Económica,» Sodimac, 1 Enero 2022. [En línea]. Available: <https://sodimac.falabella.com.pe/sodimac-pe/product/114672964/Bota-Seguridad-Economica/113096115>. [Último acceso: 21 Noviembre 2022].
- [167] GlobalPetrolPrices.com, «Perú precios de la electricidad,» 2 Setiembre 2022. [En línea]. Available: https://es.globalpetrolprices.com/Peru/electricity_prices/#:~:text=Per%C3%BA. [Último acceso: 2 Noviembre 2022].
- [168] Instituto Peruano de Economía, «El Costo del Agua Barata,» El Comercio, Lima, 2017.
- [169] Gobierno del Perú, «Valor Remuneración Mínima Vital (Sueldo Mínimo),» Lima, 2022.
- [170] Ministerio de Economía y Finanzas, «Cálculo del Precio Social de la Mano de Obra en el Perú,» 1 Febrero 2019. [En línea]. Available: https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/parametros_evaluacion_social/Precio_Social_Mano_Obra.pdf. [Último acceso: 15 Noviembre 2022].
- [171] Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo, «Vacaciones,» 1 Mayo 2019. [En línea]. Available: https://www.trabajo.gob.pe/archivos/file/informacion/TRABAJADORES/INF_VACACIONES.pdf. [Último acceso: 15 Noviembre 2022].
- [172] Tusalario.org/Peru, «Ingenieros químicos,» Tusalario.org, 1 Enero 2022. [En línea]. Available: <https://tusalario.org/peru/carrera-profesional/peru-salario-y-ocupacion/peru-ingenieros-quimicos>. [Último acceso: 15 Noviembre 2022].
- [173] Glassdoor, «Sueldos para Marketing en Lima, Perú,» 22 Mayo 2023. [En línea]. Available: https://www.glassdoor.com.mx/Sueldos/lima-marketing-sueldo-SRCH_IL.0,4_IM1105_KO5,14.htm#:~:text=El%20sueldo%20promedio%20de%20Marketing,PEN%20987%20y%20PEN%2064%2C000. [Último acceso: 25 Mayo 2023].

- [174] C. N. Cueva Vargas y C. J. Flores Arias, «Diseño de una Mezcladora Dosificadora de Cremas Cosméticas,» Quito, 2008.
- [175] Bombas y Serivios, «Como determinar El tiempo entre Fallas de una bomba centrífuga,» 1 Enero 2022. [En línea]. Available: <https://www.bombasyservicios.com.ar/mobile/detalle.php?s=&d=153>. [Último acceso: 27 Noviembre 2022].
- [176] Bombas y Servicios, «¿Cuál Es La Vida Útil Normal De La Máquina Llenadora?,» 1 Enero 2022. [En línea]. Available: <https://www.neostarpack.com/es/faq/how-to-maintain-filling-machine.html>. [Último acceso: 27 Noviembre 2022].
- [177] T. Gaudet, «CDW Engineering,» 12 Febrero 2019. [En línea]. Available: <https://cdwengineering.com/average-life-expectancies/>. [Último acceso: 27 Noviembre 2022].
- [178] S. Pengo, T. Li, M. Dong, J. Shi y H. Zhang, «Life cycle assessment of a large-scale centrifugal compressor: A case study in China,» *Joarnal of Cleaner Production*, vol. 139, nº 5, pp. 810-820, 30 Agosto 2016.
- [179] A. Pérez, «VAN y TIR, dos herramientas para la viabilidad y rentabilidad de una inversión,» 24 Abril 2021. [En línea]. Available: <https://www.obsbusiness.school/blog/van-y-tir-dos-herramientas-para-la-viabilidad-y-rentabilidad-de-una-inversion#:~:text=Las%20siglas%20VAN%20corresponden%20al,en%20recupe>. [Último acceso: 27 Noviembre 2022].
- [180] E. A. Silver, D. F. Pyke y D. J. Thomas, *Inventory and Production Management in Supply Chains*, 4 ed., Boca Raton, Florida: Taylor & Francis, 2016.
- [181] F. S. Hillier y G. J. Lieberman, *ISE Introduction to Operations Research*, 11 ed., McGraw Hill, 2020.
- [182] PanReac AppliChem ITW Reagents, «Fucha de datos de seguridad,» 1 Julio 2021. [En línea]. Available: https://www.itwreagents.com/download_file/sds/121710/es/sds_121710_es.pdf. [Último acceso: 5 Mayo 2023].
- [183] PanReac AppliChem ITW Reagents, «Fichas de datos de seguridad,» 26 Enero 2023. [En línea]. Available: https://www.itwreagents.com/download_file/sds/142970/es/sds_142970_es.pdf. [Último acceso: 5 Mayo 2023].

- [184] Universidad de Antioquia, «Hoja de Datos de Seguridad | Parafenildiamina,» 4 Marzo 2016. [En línea]. Available: <https://ciemto.medicinaudea.co/system/comfy/cms/files/files/000/000/496/original/PARAFENILENDIA.pdf>. [Último acceso: 5 Mayo 2023].
- [185] Carl Roth, «Ficha de datos de seguridad,» 21 Octubre 2021. [En línea]. Available: <https://www.carlroth.com/medias/SDB-5727-ES-ES.pdf?context=bWFzdGVyfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0c3wzMzYxNTh8YXBwbGljYXRpb24vcGRmfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0cy9oYTMvaGU1LzkwNDcxNDczODA3NjYucGRmfDYwNmRlMjBmYzhhYzliM2RlYWUwNWZmZmZlYzZmZGUxZWJhMWQxZWE0NjdmZDkyMTdiNWUx>. [Último acceso: 5 Mayo 2023].
- [186] IDESA, «Monoetanolamina,» 17 Abril 2017. [En línea]. Available: <http://pqg.com.mx/pdf/MEA-HDS-2017.pdf>. [Último acceso: 5 Mayo 2023].
- [187] M. Velasco, «Vinitatis,» 13 Agosto 2022. [En línea]. Available: https://www.vinitatis.elconfidencial.com/estilo/belleza/2020-08-13/caducidad-perfumes-trucos_2465356/#:~:text=Una%20fragancia%20de%20buena%20calidad,explica%20el%20perfumista%20Lorenzo%20Villoresi. [Último acceso: 5 Mayo 2023].
- [188] Harinas la Fuensanta, «Conservación de las Harinas,» 1 Enero 2023. [En línea]. Available: <https://harinaslafuensanta.com/>. [Último acceso: 5 Mayo 2023].
- [189] La Masía, «Aceite de Coco Virgen Extra Ecológico: ¿cómo conservarlo?,» 22 Junio 2017. [En línea]. Available: <https://www.lamasia.es/aceite-de-coco-virgen-extra-ecologico-como-conservarlo/#:~:text=Los%20cambios%20de%20estado%20no,temperatura%20ambiente%20hasta%20dos%20a%C3%B1os>. [Último acceso: 5 Mayo 2023].
- [190] S. Simón, «Cómo elaborar una Matriz de Riesgos,» Mayo 2017. [En línea]. Available: <https://www.ealde.es/como-elaborar-matriz-de-riesgos/>. [Último acceso: 22 Noviembre 2022].
- [191] Q. Wang, Q. Yang y M. Chang, «Measuring Sustainability Performance in the Product Level,» *ICORES 2021 - 10th International Conference on Operations Research and Enterprise Systems*, pp. 241-247, 2021.
- [192] R. Ciconkov, «Refrigerants: There is still no vision for sustainable solutions,» *International Journal of Refrigeration*, vol. 86, pp. 441-448, Febrero 2018.
- [193] S. G. Vásquez Lecaros, «Producción de Master Mix,» Lima, 2022.

- [194] G. López, «Cálculo de la huella de carbono,» Universidad de Ingeniería y Tecnología - UTEC, Lima, 2022.
- [195] Limpieza de Málaga S.A.M., «El polietileno de baja densidad, qué es y qué se obtiene de su reciclado,» Limpieza de Málaga S.A.M., 3 Marzo 2021. [En línea]. Available: <https://limpiezademalaga.es/el-polietileno-de-baja-densidad-que-es-y-que-se-obtiene-de-su-reciclado/#:~:text=Como%20el%20resto%20de%20los,estructura%20de%20cad>. [Último acceso: 8 Julio 2022].
- [196] D. Diez, M. Çetinkaya-Rundel y C. D. Barr, OpenIntro Statistics, 4 ed., OpenIntro, 2019.
- [197] A. Kamal-Eldin y L.-Å. Appleqvist, «The Chemistry and Antioxidant Properties of Tocopherols and Tocotrienols,» *Lipids*, vol. 31, n° 7, pp. 670 - 701, 1996.
- [198] Sigma-Aldrich, «Ficha de Datos de Seguridad,» 2023.
- [199] Acofarma, «Esencia Vainilla,» 2023.
- [200] La despensa del Jabón, «Ficha Técnica 1011-Aceite de Trigo,» Rioja, 2023.

ANEXOS

ANEXO 1: Encuestas del análisis referencial de mercado

Según la encuesta inicial realizada a 38 personas, que oscilan entre una edad de 18 años y 80 años, se tiene de requisito que el tinte sea libre de amoniaco.

Finalidad del uso del tinte	Usuarios
Cambio de color	19
Cubrir canas	18
Sin teñir	1

Tabla 96: Finalidad de los usuarios para usar tintes de cabello

Color de Origen	Usuarios
Castaño/Marrón	21
Negro	11
Blanco	11
Rubio	1

Tabla 97: Color de origen del cabello de los encuestados

Color Final	Usuarios
Castaño/Marrón	7
Negro	2
Color Fantasía	11
Rubio	16

Tabla 98: Color final del cabello de los encuestados

Promedio	Usuarios
Dinero a Invertir [soles]	96
Frecuencia [meses]	2,5

Tabla 99: Precio promedio y frecuencia de uso estimado para el tinte

Rango de Edad [años]	Usuarios
18 – 30	14
30+	24

Tabla 100: Rango de edad de los encuestados

Para algunos consumidores, la finalidad de uso del tinte es para teñir canas y para otros usuarios es netamente el cambio de color del cabello (ver *Tabla 96*). Los colores de origen más comunes son el marrón, el negro y el blanco (ver *Tabla 97*). El color final más frecuente es el rubio, seguido por los colores fantasía (ver *Tabla 98*). Sin embargo, los colores fantasía son diversos colores y no sólo uno. Los encuestados están dispuestos a invertir hasta 100 soles por el tinte a producir y la frecuencia promedio de uso del tinte es cada 2 meses y medio (ver *Tabla 99*). La orientación del producto va más para adultos maduros que para jóvenes (ver *Tabla 100*).

Más adelante, se realizó otra encuesta a 163 personas con preguntas más específicas y diferentes escenarios. La finalidad del planteo de escenarios fue para entender todos los puntos de vista que tenga el consumidor y tener una imagen más completa de las expectativas que tenga la demanda en Lima Metropolitana. En la *Tabla 101* se encuentran las preguntas realizadas a los encuestados.

Preguntas Generales

-
1. Nombre y apellido (para realizar tracking y buscar nuevos encuestados)
 2. Rango de edad (opción múltiple)
 3. Color natural (dividido en: rojizo, blanco/gris, negro, marrón, castaño y rubio)
 4. Si el usuario tiñe su cabello (pregunta filtro)
-

Actualmente si	Actualmente no	Solía hacerlo	Nunca lo hice pero quiero probar
5. Libre de amoniaco (si/no)	5. Dar razón por qué no quiere teñirse (respuesta abierta)	5. Libre de amoniaco (si/no)	5. Libre de amoniaco (si/no)
6. Color final del teñido frecuente (opción múltiple)		6. Color al que solía teñir su cabello.	6. Color deseado (opción múltiple)
7. Frecuencia (opción múltiple)		7. ¿Volverías a teñir tu cabello? (si la respuesta es no, termina la encuesta)	7. Presupuesto máximo de inversión (respuesta numérica abierta)
8. Color deseado (opción múltiple)		8. Frecuencia (opción múltiple)	8. Uso de tintes orgánicos (si/no)
9. Dinero invertido generalmente (respuesta numérica abierta)		9. Color deseado (opción múltiple)	9. Tratamiento adicional (si/no)
10. Presupuesto máximo de inversión (respuesta numérica abierta)		10. Dinero invertido generalmente (respuesta numérica abierta)	
11. Marca usada por el consumidor (opción múltiple)		11. Presupuesto máximo de inversión (respuesta numérica abierta)	
12. Uso de tintes orgánicos (si/no)		12. Marca usada por el consumidor (opción múltiple)	
13. Tratamiento adicional (si/no)		13. Uso de tintes orgánicos (si/no)	
		14. Tratamiento adicional (si/no)	

Si en caso el usuario usa tratamientos adicionales, se le pregunta cuáles usa.

Tabla 101: Algoritmo de la segunda encuesta realizada

Las preguntas generales fueron edad, color natural de cabello y si el usuario tiñe o no su cabello. A continuación, en la *Figura 63* y en la *Tabla 102* se van a presentar los resultados.

¿A qué rango de edad perteneces?

163 respuestas

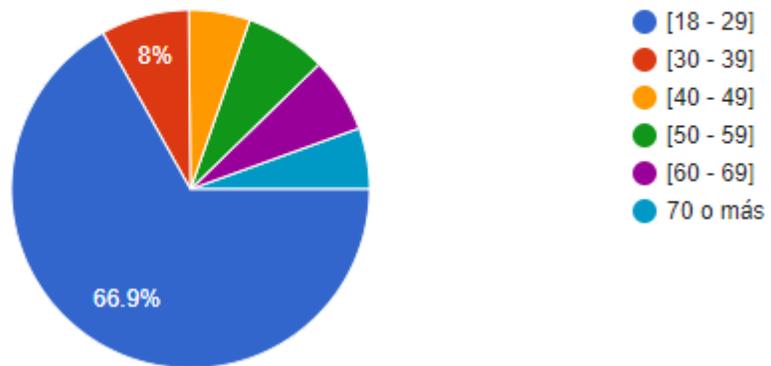


Figura 63: Rango de edad del usuario

Rango de Edad	Cantidad de Personas	%
18 - 29	109	66,9
30 - 39	13	8,0
40 - 49	9	5,5
50 - 59	12	7,4
60 - 69	11	6,7

70 +

9

5,5

Tabla 102: Rango de edad del usuario

Según los resultados de la *Figura 63*, la mayoría de personas encuestadas son adultos jóvenes (de 18 a 29 años de edad).

¿Cuál es tu color natural de cabello?

163 respuestas

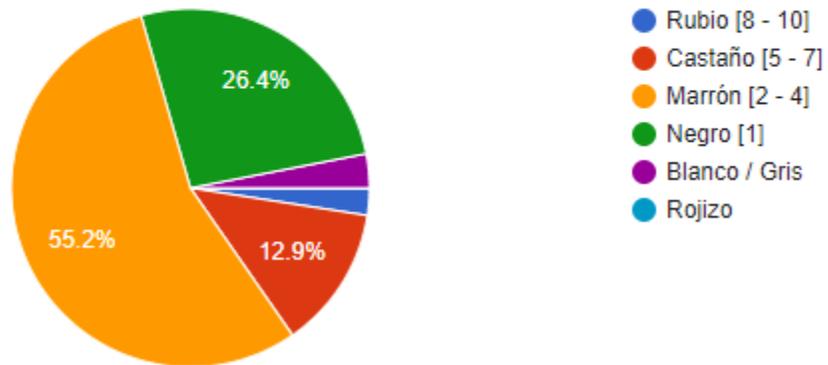


Figura 64: Color natural del usuario

*Los números mostrados al costado de los colores son los rangos de la escala internacional de colores (Ver Figura 17)

Según los resultados de la *Figura 64*, más de la mitad del público objetivo tienen cabello marrón, lo cual para aclarar se necesitaría una mayor cantidad de componente oxidante. Para elevar 2 niveles de color se requiere un 20% en volumen de agente oxidante. Si se quiere elevar 3 niveles de color, se va a requerir que el decolorante tenga un 30% en volumen de agente oxidante [7].

Conocer si el usuario tiñe su cabello o si tiene historial con los tintes de cabello ayuda para saber si el habrá demanda de tinte de cabello y posteriormente a conocer las perspectivas que tenga el cliente.

Tiñes tu cabello?

163 respuestas

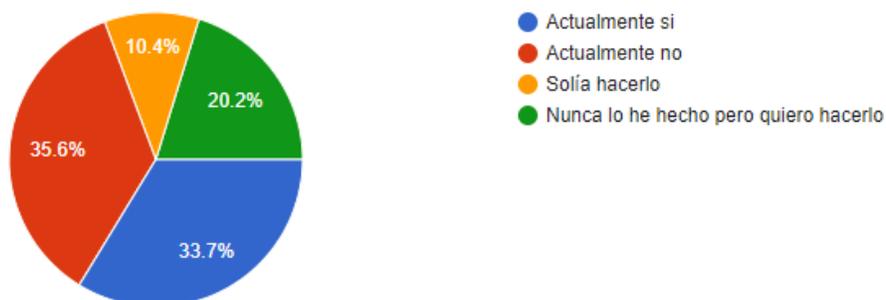


Figura 65: Inclinación del consumidor en teñir su cabello

Según la información de la *Figura 65*, casi un tercio de la muestra suele teñir su cabello (55 personas), 58 de las personas (35,6 %) encuestadas no tiñen su cabello, 17 de las 163 personas encuestadas solían hacerlo. Sin embargo, ese segmento se fracciona si lo volverían a teñir su cabello o no. Finalmente, el 20,2 % (33 personas) del público encuestado quisieran probar teñirse su cabello. Las personas que respondieron que no tienen interés en teñirse el cabello tienen respuestas en común, entre ellas están:

- ❖ Les gusta su color natural (20 personas)
- ❖ No tienen canas (2 personas)
- ❖ Daña su cabello (21 personas)
- ❖ Mucho mantenimiento (9 personas)
- ❖ No les llama la atención (13 personas)

Cabe resaltar que los encuestados pueden dar más de una de las razones mencionadas líneas arriba. Por otro lado, si el tinte no genera daños en su cabello (respuesta más frecuente), 7 personas de ese grupo de encuestados probarían teñirse el cabello. Hay un encuestado que solía teñir su cabello, pero marcó la opción de los que actualmente no tiñe su cabello (a pesar que ese grupo se refiere a que el usuario nunca ha teñido el cabello).

De las personas que marcaron que solían teñir su cabello, se divide en 2 grupos:

- ❖ Los que volverían a teñir su cabello (15 personas)
- ❖ Los que no volverían a teñir su cabello (2 personas)

La razón por la que estas personas no quieren volver a teñir su cabello es porque a una de ellas le acomoda más su color natural y la otra manifiesta que es mucho mantenimiento. De las personas que volverían a teñir su cabello, su frecuencia de teñido era mayor a 3 meses o indefinido en su mayoría. La elección de su color de tinte es muy variada. La *Figura 66* va a mostrar las respuestas de estos consumidores.

¿A qué color te gustaría teñir tu cabello?

15 respuestas

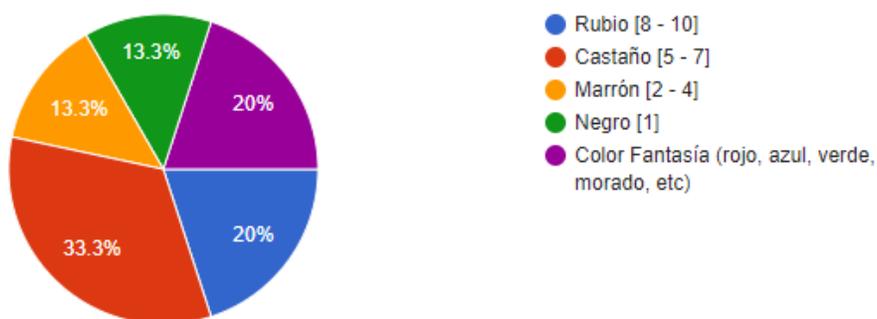


Figura 66: Color deseado de las personas que volverían a teñir su cabello

**Los números mostrados al costado de los colores son los rangos de la escala internacional de colores (Ver Figura 17)*

La cantidad de dinero que estos usuarios solían invertir y las cantidades por las que comprarían el tinte a diseñar son muy variadas, así que se sacó una mediana para ambos grupos de datos. Se optó por usar mediana porque permitiría saber el número central del rango de dinero y los resultados no sería alterados por valores muy extremos [196]. La mediana del dinero a invertir es de 100 soles y de la cantidad que suelen usar en tintes es de 80 soles. Estos resultados permiten tener un buen rango entre el costo de producción y el precio de venta.

Por el lado de los usuarios que optaron por probar teñirse el cabello por primera vez (33 personas), es requisito que el tinte no contenga amoniaco. Hay inclinación por los tonos marrones (10 personas), castaños (15 personas) y los colores fantasía (7 personas). Al igual que en el caso anterior, se va a calcular la mediana para la cantidad de dinero a invertir. Para este público, la mediana de dinero a invertir es de 70 soles. Esta población desea usar tintes orgánicos, pero tienden a no querer usar tratamientos adicionales.

¿A qué color sueles teñir tu cabello?

55 respuestas

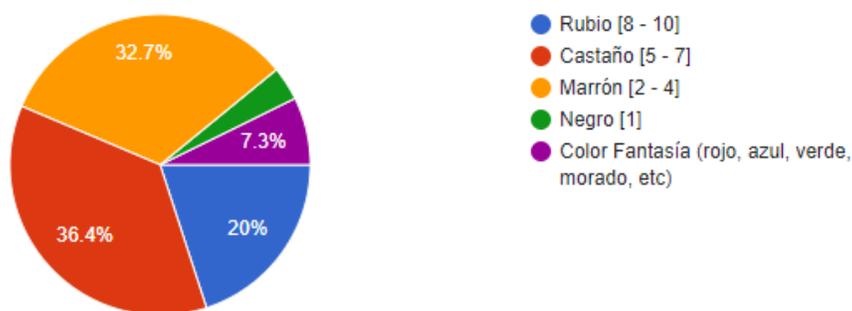


Figura 67: Color que las personas que tiñen su cabello suelen elegir

*Los números mostrados al costado de los colores son los rangos de la escala internacional de colores (Ver Figura 14)

Asimismo, 55 personas de los encuestados tiñen su cabello. Un cuarto de este público ve que la ausencia de amoniaco es un requisito. La *Figura 67* muestra que las inclinaciones de los prospectos a los colores que suelen teñir es muy variada,

¿A qué color te gustaría teñir tu cabello?

55 respuestas

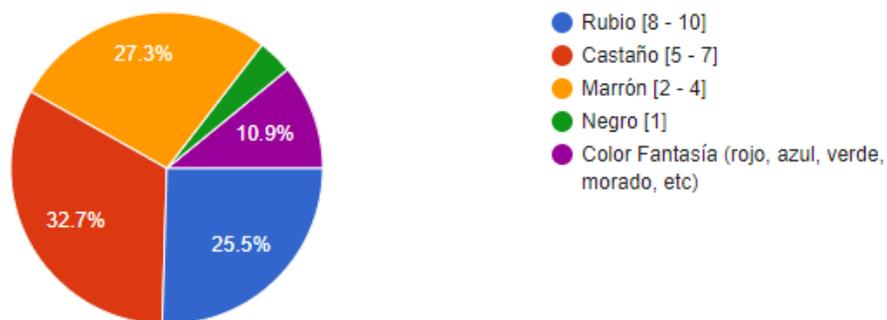


Figura 68: Color deseado para las personas que tiñen su cabello

**Los números mostrados al costado de los colores son los rangos de la escala internacional de colores (Ver Figura 17)*

El color deseado por este estrato de personas presentado en la *Figura 68* no difiere mucho con la *Figura 67*. Sin embargo, la tendencia por colores claros aumenta.

¿Qué tan frecuente tiñes tu cabello?

55 respuestas

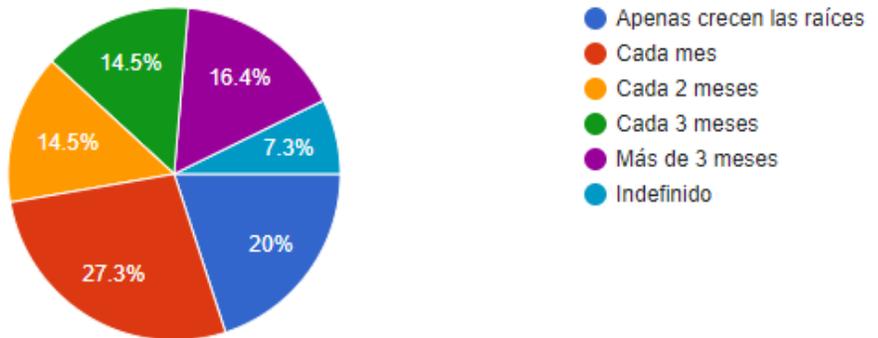


Figura 69: Frecuencia de teñido de las personas que tiñen su cabello

La *Figura 69* muestra que la frecuencia de teñido en este grupo de personas es variada, lo cual significaría que no hay plazos definidos de compra de tinte.

La inversión que realiza este grupo de encuestados varía entre 20 y 600 soles, por lo que se decidió también calcular a mediana para que los resultados atípicos no alteren el análisis. Este mismo caso sucede con el monto que el consumidor estaría dispuesto a usar para sus productos de cambio de coloración del cabello. La mediana del monto que estos consumidores suelen invertir es 77,5 soles. Este estrato tiene una mediana de capacidad de inversión en tintes de cabello de 55 soles. Ambas cifras son menores en comparación con las cantidades de inversión y disposición de compra del estrato anterior.

Las marcas de tinte de cabello más frecuentes son las que están presentadas en la *Figura 70*.

Marcas Populares

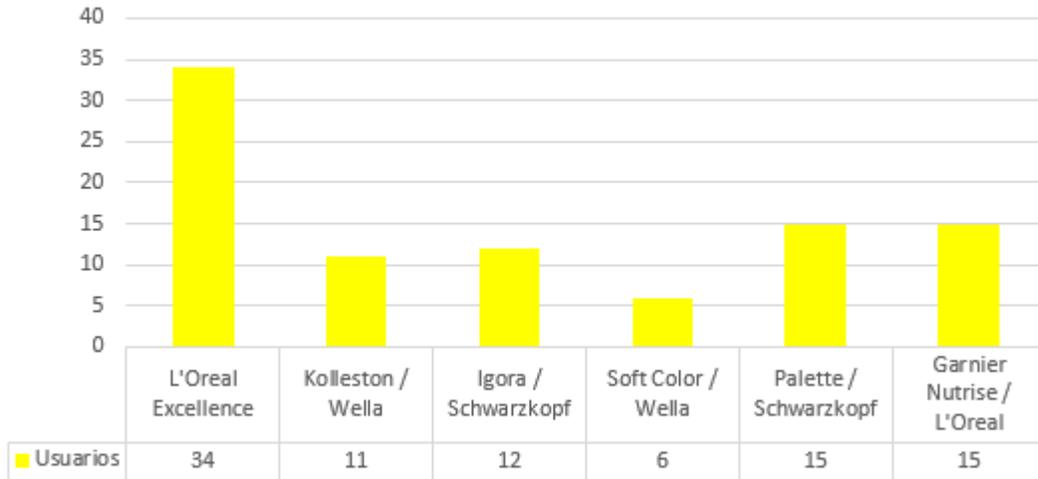


Figura 70: Frecuencia de teñido de las personas que tiñen su cabello

Identificar las preferencias que el usuario tiene respecto a las marcas de tinte que actualmente se venden en el mercado ayuda para poder determinar quiénes serán la competencia de la producción de tintes permanentes a base de componentes vegetales.

La Figura 71 muestra la cantidad de usuarios de diversos tratamientos adicionales a su cabello. Cabe mencionar que el encuestado puede marcar más de un tratamiento adicional que suele usar.

¿Qué tratamientos adicionales usas/usarías?

59 respuestas

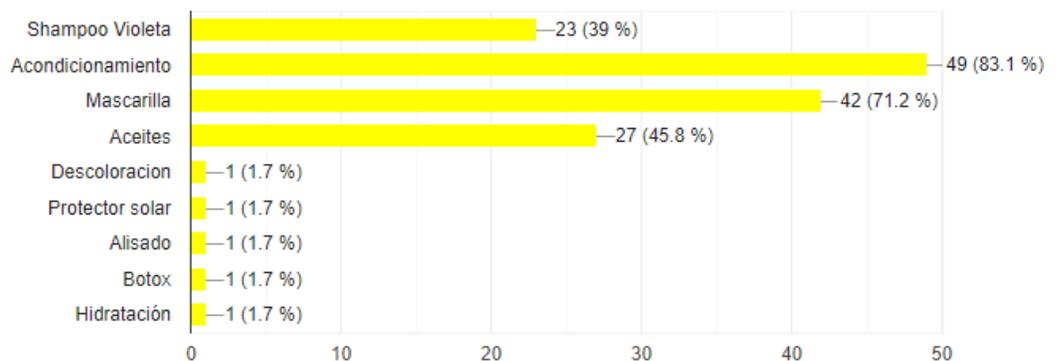


Figura 71: Uso de tratamientos adicionales de los encuestados

La finalidad de conocer los tratamientos adicionales que usa el cliente es para conocer su necesidad y satisfacerla para que el cliente mejore aún más su experiencia de teñido de cabello. Respecto a los tratamientos adicionales que los encuestados suelen usar, los más frecuentes son el acondicionador y la mascarilla de cabello.

ANEXO 2: Tocoferoles y Tocotrienoles

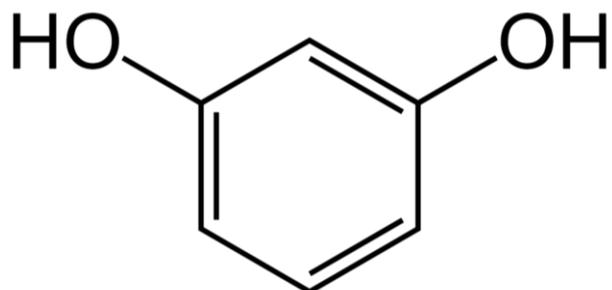
E-Vitámero del Tocoferol	R1	R2
α -T	Me	Me
β -T	Me	H
γ -T	H	Me
δ -T	H	H

Tabla 103: Formas del tocoferol (Adaptado de [197])

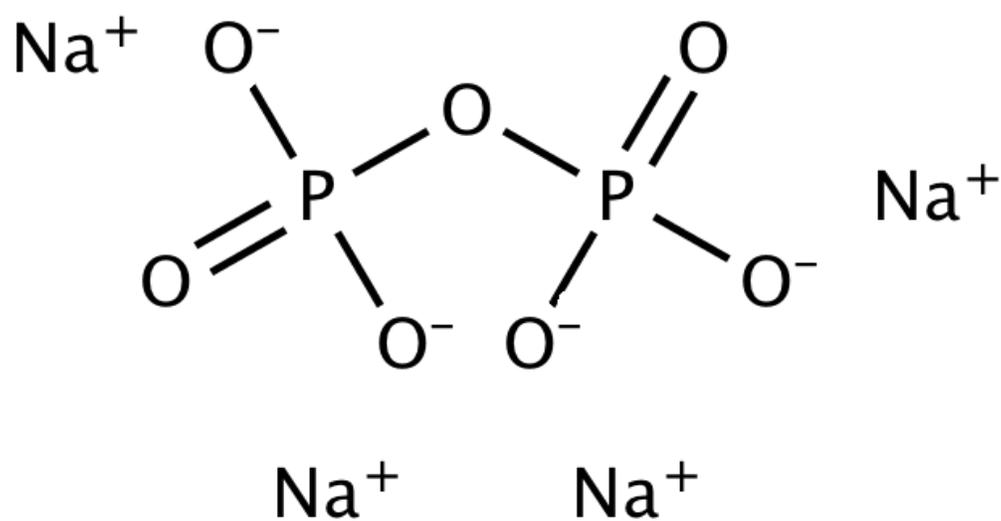
E-Vitámero del Tocotrienol	R1	R2
α -T-3	Me	Me
β -T-3	Me	H
γ -T-3	H	Me
δ -T-3	H	H

Tabla 104: Formas del tocotrienol (Adaptado de [197])

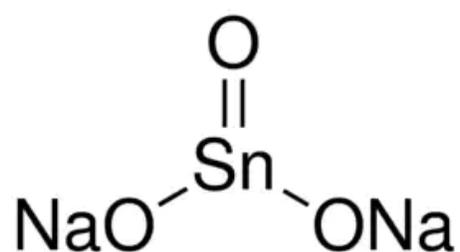
ANEXO 3: Estructura molecular del Resorcinol [150]



ANEXO 4: Estructura molecular del Tetra Pirofosfato de Sodio [151]



ANEXO 5: Estructura molecular del Estanato de Sodio [154]



ANEXO 6: Componentes de las fases de la mezclas

Decolorante	Tinte
Agua Destilada	Agua Destilada
Ácido Peracético al 32% wt	Camu Camu en Polvo
Etanol	Perfume de Vainilla
Camu Camu en Polvo	Harina de Cañihua
Perfume de Vainilla	Harina de Maca
Harina de Cañihua	Flores de Manzanilla en Polvo
Harina de Maca	Cúrcuma Molida
Colágeno Marino Hidrolizado	Resorcinol
Tetrapirofosfato de Sodio	
Estanato de Sodio	

Tabla 105: Composición de la fase acuosa

Decolorante	Decolorante
Aceite de Coco	Aceite de Coco
Aceite de Germen de Trigo	Propilenglicol
Propilenglicol	

Tabla 106: Composición de la fase orgánica

Tinte
Monoetanolamina
Etanol
PPD 6
PPD 7

Tabla 107: Composición de la corriente de aditivos

ANEXO 7: Código de optimización del costo de materia prima

Primero, se van a tabular los datos.

Compuesto	#	Densidad [kg/m ³]	Costo por kg [soles/kg]	% min	fr min	% max	fr max
Agua Destilada	1	997	5,02		Complemento		
Ácido Peracético (32% wt)	2	1130	1270,80	9,375	0,09375		
Propilenglicol	3	1040	28,85	7	0,07	16	0,16
Aceite Coco	4		45,00	5	0,05	35	0,35
Harina de Camu Camu	5		150,00	0,1	0,001	7	0,07
Perfume de Vainilla	6	1066	187,62	0,5	0,005	1,5	0,015
Etanol	7	789	53,61	0,74	0,0074	14	0,14
Colágeno	8		250,00	0,1	0,001	1	0,01
Cañihua	9		55,00	0,01	0,0001	5	0,05
Maca	10		60,00	0,5	0,005	9	0,09
Aceite Trigo	11	912,5	306,85	0,05	0,0005	2	0,02
Tetra Pirofosfato de Sodio	12		367,40	0,02	0,0002	0,2	0,002
Estanato de Sodio	13		879,24	0,04	0,0004	0,15	0,0015

Tabla 108: Componentes del decolorante y su costo por kg

*Fuentes de donde se extrajeron las densidades del ácido peracético, perfume de vainilla y del aceite de trigo: [198] [199] [200]

Compuesto	#	Densidad [kg/m ³]	Costo por kg [soles/kg]	% min	fr min	%max	fr max
Agua Destilada	1	997	5,02			Complemento	
Monoetanolamina	2	1010	198,61	0,5	0,005	4,08	0,0408
Propilenglicol	3	1040	28,85	2	0,02	14,5	0,145
Aceite Coco	4		45,00	3	0,03	16	0,16
Harina de Camu Camu	5		150,00	0,1	0,001	1	0,01
Perfume de Vainilla	6	1066	187,62	0,5	0,005	1,5	0,015
Etanol	7	789	53,61	7	0,07	16	0,16
Cañihua	8		55,00	0,95	0,0095	5	0,05
Maca	9		60,00	0,5	0,005	9	0,09
PPD 6	10		599,31	0,01	0,0001	0,8	0,008
PPD 7	11		626,55	0,01	0,0001	0,8	0,008
Resorcinol	12		416,09	0,275	0,0028	4,43	0,0443
Cúrcuma Molida	13		40,00	0,5	0,005	2	0,02
Manzanilla en Polvo	14		35,00	0,5	0,005	2	0,02

Tabla 109: Componentes del tinte y su costo por kg

Luego, se plantea el modelo de forma algebraica:

```
## PASO 0: Formulación algebraica del problema:

## min (m*(x[1]*p[1]+x[2]*p[2]+x[3]*p[3]+x[4]*p[4]+x[5]*p[5]+x[6]*p[6]+x[7]*p[7]+x[8]*p[8]+x[9]*p[9]+x[10]*p[10]+x[11]*p[11]+x[12]*p[12]+x[13]*p[13]))
## st. x[1]=1-(x[2]+x[3]+x[4]+x[5]+x[6]+x[7]+x[8]+x[9]+x[10]+x[11]+x[12]+x[13])
## x[2]=0.14
## x[3]>=0.07
## x[3]<=0.16
## x[4]>=0.05
## x[4]<=0.35
## x[5]>=0.001
## x[5]<=0.07
## x[6]>=0.005
## x[6]<=0.015
## x[7]>=0.0074
## x[7]<=0.14
## x[8]>=0.001
## x[8]<=0.01
## x[9]>=0.0001
## x[9]<=0.05
## x[10]>=0.005
## x[10]<=0.09
## x[11]>=0.0005
## x[11]<=0.02
## x[12]>=0.0002
## x[12]<=0.002
## x[13]>=0.0001
## x[13]<=0.0015
## m=73.5 kg
```

Figura 72: Formulación algebraica de la optimización de costos para el decolorante

```

## PASO 0: Formulación algebraica del problema:

### min (m*(x[1]*p[1]+x[2]*p[2]+x[3]*p[3]+x[4]*p[4]+x[5]*p[5]+x[6]*p[6]+x[7]*p[7]+x[8]*p[8]+x[9]*p[9]+x[10]*p[10]+x[11]*p[11]+x[12]*p[12]+x[13]*p[13]))
### st. x[1]=1-(x[2]+x[3]+x[4]+x[5]+x[6]+x[7]+x[8]+x[9]+x[10]+x[11]+x[12]+x[13])
### x[2]=0.14
### x[3]>=0.07
### x[3]<=0.16
### x[4]>=0.05
### x[4]<=0.35
### x[5]>=0.001
### x[5]<=0.07
### x[6]>=0.005
### x[6]<=0.015
### x[7]>=0.0074
### x[7]<=0.14
### x[8]>=0.001
### x[8]<=0.01
### x[9]>=0.0001
### x[9]<=0.05
### x[10]>=0.005
### x[10]<=0.09
### x[11]>=0.0005
### x[11]<=0.02
### x[12]>=0.0002
### x[12]<=0.002
### x[13]>=0.0004
### x[13]<=0.0015
### m=73.5 kg

```

Figura 73: Formulación algebraica de la optimización de costos para el tinte

Posterior a ello, se importan los paquetes a usar. También se va a proceder a definir el modelo, variables, función objetivo y restricciones.

```

## PASO 2: Importar paquetes

using JuMP
using Cbc

```

Figura 74: Importación de paquetes de Julia

```

## PASO 3: Definir modelo (a partir de la formulación algebraica del PASO 0)

modelo = Model(Cbc.Optimizer)

```

Figura 75: Definición del modelo en Julia

```

# PASO 4: Definir los parámetros del conjunto de SKUs:

masa_decolorante_kg= 73.5
costos_por_kg = [5.02, 1270.8, 28.85, 45, 150, 187.82, 53.61, 250, 55, 60, 306.85, 367.4, 879.24]

```

Figura 76: Definición de parámetros para la optimización de costos del decolorante

```
# PASO 4: Definir Los parámetros del conjunto de SKUs:

masa_tinte_kg= 49
costos_por_kg = [5.02, 198.61, 28.85, 45, 150, 187.82, 53.61, 55, 60, 599.31, 626.55, 416.09, 40, 35]
```

Figura 77: Definición de parámetros para la optimización de costos del tinte

```
## PASO 5: Definir variables de decisión

@variable(modelo, 0 <= x[i=1:13])
```

Figura 78: Definición de variables de decisión para el decolorante

```
## PASO 5: Definir variables de decisión

@variable(modelo, 0 <= x[i=1:14])
```

Figura 79: Definición de variables de decisión para el tinte

```
## PASO 6: Definir funcion objetivo

@objective(modelo, Min, masa_decolorante_kg*0.001*sum(costos_por_kg[i]*x[i] for i in 1:13))
```

Figura 80: Definición de una función objetivo para el decolorante

```
## PASO 6: Definir funcion objetivo

@objective(modelo, Min, masa_tinte_kg*0.001*sum(costos_por_kg[i]*x[i] for i in 1:14))
```

Figura 81: Definición de una función objetivo para el tinte

```

## PASO 7: Definir restricciones

@constraint(modelo, sum(x[i] for i in 1:13) == 1)
@constraint(modelo, x[1] >= 0)
@constraint(modelo, x[1] <= 1)
@constraint(modelo, x[2] == 0.14)
@constraint(modelo, x[3] >= 0.07)
@constraint(modelo, x[3] <= 0.16)
@constraint(modelo, x[4] >= 0.05)
@constraint(modelo, x[4] <= 0.35)
@constraint(modelo, x[5] >= 0.001)
@constraint(modelo, x[5] <= 0.07)
@constraint(modelo, x[6] >= 0.005)
@constraint(modelo, x[6] <= 0.015)
@constraint(modelo, x[7] >= 0.0074)
@constraint(modelo, x[7] <= 0.14)
@constraint(modelo, x[8] >= 0.001)
@constraint(modelo, x[8] <= 0.01)
@constraint(modelo, x[9] >= 0.0001)
@constraint(modelo, x[9] <= 0.05)
@constraint(modelo, x[10] >= 0.005)
@constraint(modelo, x[10] <= 0.09)
@constraint(modelo, x[11] >= 0.0005)
@constraint(modelo, x[11] <= 0.02)
@constraint(modelo, x[12] >= 0.0002)
@constraint(modelo, x[12] <= 0.002)
@constraint(modelo, x[13] >= 0.0004)
@constraint(modelo, x[13] <= 0.0015)

```

Figura 82: Definición de restricciones para el decolorante

```

## PASO 7: Definir restricciones

@constraint(modelo, sum(x[i] for i in 1:14) == 1)
@constraint(modelo, x[1] >= 0)
@constraint(modelo, x[1] <= 1)
@constraint(modelo, x[2] == 0.02)
@constraint(modelo, x[3] >= 0.02)
@constraint(modelo, x[3] <= 0.145)
@constraint(modelo, x[4] >= 0.03)
@constraint(modelo, x[4] <= 0.16)
@constraint(modelo, x[5] >= 0.001)
@constraint(modelo, x[5] <= 0.01)
@constraint(modelo, x[6] >= 0.005)
@constraint(modelo, x[6] <= 0.015)
@constraint(modelo, x[7] >= 0.07)
@constraint(modelo, x[7] <= 0.16)
@constraint(modelo, x[8] >= 0.0095)
@constraint(modelo, x[8] <= 0.05)
@constraint(modelo, x[9] >= 0.005)
@constraint(modelo, x[9] <= 0.09)
@constraint(modelo, x[10] >= 0.0001)
@constraint(modelo, x[10] <= 0.008)
@constraint(modelo, x[11] >= 0.0001)
@constraint(modelo, x[11] <= 0.008)
@constraint(modelo, x[11] == x[10])
@constraint(modelo, x[12] >= 0.00275)
@constraint(modelo, x[12] <= 0.0443)
@constraint(modelo, x[13] >= 0.005)
@constraint(modelo, x[13] <= 0.02)
@constraint(modelo, x[14] >= 0.005)
@constraint(modelo, x[14] <= 0.02)

```

Figura 83: Definición de restricciones para el tinte

Luego, se va a proceder con resolver ambos modelos para hallar la solución óptima para cada caso.

```

## PASO 8: Resolver el modelo

JuMP.optimize!(modelo)
println(modelo)
println("Valor objetivo: ", JuMP.objective_value(modelo))
println("x[1] = ", JuMP.value(x[1]))
println("x[2] = ", JuMP.value(x[2]))
println("x[3] = ", JuMP.value(x[3]))
println("x[4] = ", JuMP.value(x[4]))
println("x[5] = ", JuMP.value(x[5]))
println("x[6] = ", JuMP.value(x[6]))
println("x[7] = ", JuMP.value(x[7]))
println("x[8] = ", JuMP.value(x[8]))
println("x[9] = ", JuMP.value(x[9]))
println("x[10] = ", JuMP.value(x[10]))
println("x[11] = ", JuMP.value(x[11]))
println("x[12] = ", JuMP.value(x[12]))
println("x[13] = ", JuMP.value(x[13]))

```

Figura 84: Código para optimizar el modelo de costo del decolorante

```

## PASO 8: Resolver el modelo

JuMP.optimize!(modelo)
println(modelo)
println("Valor objetivo: ", JuMP.objective_value(modelo))
println("x[1] = ", JuMP.value(x[1]))
println("x[2] = ", JuMP.value(x[2]))
println("x[3] = ", JuMP.value(x[3]))
println("x[4] = ", JuMP.value(x[4]))
println("x[5] = ", JuMP.value(x[5]))
println("x[6] = ", JuMP.value(x[6]))
println("x[7] = ", JuMP.value(x[7]))
println("x[8] = ", JuMP.value(x[8]))
println("x[9] = ", JuMP.value(x[9]))
println("x[10] = ", JuMP.value(x[10]))
println("x[11] = ", JuMP.value(x[11]))
println("x[12] = ", JuMP.value(x[12]))
println("x[13] = ", JuMP.value(x[13]))
println("x[14] = ", JuMP.value(x[14]))

```

Figura 85: Código para optimizar el modelo de costo del decolorante

ANEXO 8: Control de Calidad en la producción de tintes de cabello

El control de calidad es una parte fundamental en cualquier producción. Con ello se asegura el buen estado del producto final, lograr los resultados esperados y satisfacer la necesidad del cliente. Según los parámetros fijados por las normas ISO (International Organization for Standardization) y la FDA (U.S. Food and Drug Administration), los criterios de control de calidad son los siguientes:

❖ Precisión de Color

Esta prueba consta de asegurar que el tono obtenido del tinte fabricado sea igual al tono deseado. La prueba consta del uso de colorimetría para conocer con exactitud qué tan cercano es el color producido frente al color deseado. En otras palabras, el color obtenido se compara con un color patrón.

❖ pH

El pH del tinte producido debe estar en el rango permitido por producción. El pH del tinte debe oscilar entre 9 y 11 [78].

❖ Viscosidad

Mediante esta prueba, se puede conocer la consistencia del tinte y su facilidad de aplicación en el usuario. La viscosidad deseada para el tinte es $11 \text{ Pa} \times \text{s}$ [37].

❖ Estabilidad

Esta prueba tiene como finalidad conocer el tiempo de vida del tinte cuando está en almacén, a partir de este test se puede garantizar el tono, la textura y la efectividad del tinte. La temperatura y la luz influyen en estos parámetros.

❖ Contaminación Microbiana

El objetivo de este análisis es asegurar que no hay riesgos de aplicar este producto y que es libre de microorganismos que puedan ser nocivos para el consumidor.

❖ Testeo de Sensibilización

Gracias a esta prueba de control de calidad, se puede asegurar que el tinte no va a causar irritación en la piel. Para ello, se tiene que aplicar una pequeña cantidad de tinte a la piel y verificar que el tinte no cause efectos adversos en la piel. Cabe resaltar que esa prueba se tendría que hacer con alguna persona voluntaria o conseguir células de piel.

❖ Testeo de Metales Pesados

Al identificar la presencia de metales pesados, estas cantidades deben ser cumplir con las normas internacionales de cosméticos.

❖ Consistencia entre Lotes

Se comparan muestras de diferentes lotes mediante las pruebas anteriormente mostradas para garantizar que todos los lotes cumplan con las especificaciones de calidad requeridas tanto por la empresa como por las normas locales e internacionales.

APÉNDICES

APÉNDICE 1: Procedimiento experimental para obtener la densidad y viscosidad del tinte y del decolorante

Se propone el siguiente procedimiento experimental con la finalidad de aumentar la exactitud del balance de energía.

Materiales:

- ❖ 75 mL de agua destilada
- ❖ 20 mL de propilenglicol
- ❖ 40 g de aceite de Coco
- ❖ 25 mL de etanol
- ❖ 2 Calentadores con agitador magnético
- ❖ 2 Termocuplas
- ❖ 3 Vasos precipitados de 100 mL
- ❖ 4 Picnómetros
- ❖ 1 Viscosímetro
- ❖ Guantes térmicos
- ❖ Baño de hielo

Procedimiento:

Decolorante:

Se van a preparar las fases acuosa y oleosa

1. Pesar los picnómetros y registrar sus volúmenes de capacidad.

Número de Picnómetro	Masa picnómetro vacío [g]	Masa picnómetro lleno [g]	Volumen picnómetro [mL]
1			
2			
3			
4			

Tabla 110: Registro de picnómetros para el decolorante

2. En un vaso de precipitados, agregar 26,3 mL de agua destilada y 12,1 mL de etanol.
3. Proceder a usar el mezclador magnético.
4. Calentar la mezcla acuosa a 75°C en uno de los calentadores. Verificar la temperatura con una termocupla
5. En otro vaso precipitado, agregar 26,174 g de aceite de coco y calentarlo a 75 °C.
6. Una vez líquido, agregar el agitador magnético.
7. Mientras se da el calentamiento, agregar 11,1 mL de propilenglicol. Esperar a que la mezcla oleosa llegue a 75 °C.
8. Con el uso de los guantes térmicos y mucho cuidado, agregar la fase oleosa a hilos hacia la fase acuosa.
9. Seguir agitando hasta que se forme la emulsión.
10. Sacar una alícuota y ponerla en un picnómetro. Proceder a pesar el picnómetro lleno. (Repetir el proceso 3 veces)
11. Tomar otra alícuota de decolorante y medirla en el viscosímetro. Registrar los datos. (Repetir el proceso 3 veces).
12. Enfriar el resto del decolorante con el baño de hielo hasta que llegue a 40 °C. Realizar los pasos 10 y 11 4 veces.

13. Enfriar el resto del decolorante con el baño de hielo hasta que llegue a 20 °C. Realizar los pasos 10 y 11 4 veces.

Tinte:

Se van a preparar las fases acuosa y oleosa

14. Pesar los picnómetros y registrar sus volúmenes de capacidad.

Número de Picnómetro	Masa picnómetro vacío [g]	Masa picnómetro lleno [g]	Volumen picnómetro [mL]
1			
2			
3			
4			

Tabla 111: Registro de picnómetros para el tinte

15. En un vaso de precipitados, agregar 30 mL de agua destilada y 8,6 mL de etanol.
16. Proceder a usar el mezclador magnético.
17. Calentar la mezcla acuosa a 75°C en uno de los calentadores. Verificar la temperatura con una termocupla
18. En otro vaso precipitado, agregar 6,789 g de aceite de coco y calentarlo a 75 °C.
19. Una vez líquido, agregar el agitador magnético.
20. Mientras se da el calentamiento, agregar 5,4 mL de propilenglicol. Esperar a que la mezcla oleosa llegue a 75 °C.

21. Con el uso de los guantes térmicos y mucho cuidado, agregar la fase oleosa a hilos hacia la fase acuosa.
22. Seguir agitando hasta que se forme la emulsión.
23. Sacar una alícuota del tinte y ponerla en un picnómetro. Proceder a pesar el picnómetro lleno. (Repetir el proceso 3 veces)
24. Tomar otra alícuota de tinte y medirla en el viscosímetro. Registrar los datos. (Repetir el proceso 3 veces).

APÉNDICE 2: Preparación y prueba de color del decolorante de cabello

Se propone el siguiente procedimiento experimental con la finalidad de hacer el decolorante y probar su eficacia en una muestra de cabello

Materiales:

- ❖ 30 mL de agua destilada
- ❖ 15 mL de propilenglicol
- ❖ 30 g de aceite de Coco
- ❖ 20 mL de etanol
- ❖ 15 mL de ácido peracético al 32 % wt
- ❖ 1 Mechón de cabello virgen (de preferencia, de tono oscuro)
- ❖ 2 Calentadores con agitador magnético
- ❖ 2 Termocuplas
- ❖ 3 Vasos precipitados de 100 mL
- ❖ Guantes térmicos
- ❖ Baño de hielo
- ❖ 1 Brocha para cabello

Por motivos de disponibilidad, la fabricación del decolorante será sin tetrafosfato de sodio ni estanato de sodio. También se va a omitir el uso del camu camu en polvo, el colágeno marino hidrolizado, harina de cañihua, harina de maca y aceite de germen de trigo debido a que la cantidad necesaria es despreciable a nivel laboratorio.

Procedimiento:

1. En un vaso de precipitados, agregar 25,1 mL de agua destilada y 11,5 mL de etanol.
2. Proceder a usar el mezclador magnético.
3. Calentar la mezcla acuosa a 75°C en uno de los calentadores. Verificar la temperatura con una termocupla
4. En otro vaso precipitado, agregar 24,992 g de aceite de coco y calentarlo a 75 °C.
5. Una vez líquido, agregar el agitador magnético.
6. Mientras se da el calentamiento, agregar 10,6 mL de propilenglicol. Esperar a que la mezcla oleosa llegue a 75 °C.
7. Con el uso de los guantes térmicos y mucho cuidado, agregar la fase oleosa a hilos hacia la fase acuosa.
8. Seguir agitando hasta que se forme la emulsión.
9. Una vez lista la emulsión, poner el vaso de precipitados al baño de hielo hasta que llegue a temperatura ambiente.
10. Aplicar el decolorante al mechón de cabello mediante el uso de la brocha.
11. Esperar 30 minutos y lavar el mechón. Reportar los cambios observados.