

# ÍNDICE GENERAL

<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Introducción</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Antecedentes de la Institución</b>	<b>2</b>
<b>1.3 Formulación del Problema</b>	<b>4</b>
<b>1.4 Justificación</b>	<b>7</b>
1.4.1 Justificación Académica	7
1.4.2 Justificación Económica	7
1.4.3 Justificación Técnica	8
<b>1.5 Objetivos</b>	<b>8</b>
1.5.1 Objetivo General	8
1.5.2 Objetivos Específicos	8
<b>1.6 Alcance</b>	<b>9</b>
1.6.1 Alcance Geográfico	8
1.6.2 Alcance Temático	8
<b>1.7 Metodología</b>	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b>	<b>13</b>
<b>2.1 Introducción</b>	<b>13</b>
<b>2.2 Operaciones de Transferencia de Masa</b>	<b>14</b>
2.2.1 Fundamentos de las Operaciones	14
2.2.2 Clasificación de las Operaciones de separación	15
<b>2.3 Destilación ó Rectificación</b>	<b>18</b>
2.3.1 Tipos de Destilación	21
2.3.2 Tipos de platos de Destilación	23
2.3.3 Consideraciones generales para el diseño de columnas de destilación por etapas	25
2.3.3.1 Componentes claves: Separación y Calidad	25
2.3.3.2 Consideraciones de Presión y Temperatura	26
2.3.3.3 Razón de reflujo y número de etapas	27
2.3.3.4 Número de Pisos o Platos	27
2.3.3.5 Estructura de la Columna	28
2.3.3.6 Accesorios e Instrumentación	28
2.3.4 Características de Operación Generales de Columnas de destilación	29

2.3.4.1 Diagramas de Fase de equilibrio	29
2.3.4.2 Ley de Raoult	30
2.3.4.3 Constante de equilibrio $K_i$	32
2.3.4.4 Concepto de Volatilidad Relativa	33
2.3.4.5 Concepto Etapa de Equilibrio	34
2.3.4.6 Balances globales de materia para sistemas de dos componentes	37
2.3.4.7 Caudales Molares	37
2.3.4.8 Líneas de Operación	38
<b>2.4 Métodos de Diseño de Columnas de Destilación</b>	<b>39</b>
2.4.1 Diseño de columnas de destilación según el método gráfico de McCabe Thiele	41
2.4.1.1 Caudal molar constante	41
2.4.1.2 Relación de Reflujo	41
2.4.1.3 Sector Enriquecimiento con Condensador Total	42
2.4.1.4 Sección de Agotamiento y Caldera	44
2.4.1.5 Sección Alimentación	45
2.4.1.6 Línea de Alimentación	48
2.4.1.7 Construcción de las Líneas de Operación	49
2.4.1.8 Localización del plato de alimentación	50
2.4.1.9 Reflujo mínimo	50
2.4.2 Diseño de columnas de destilación según el método gráfico de Ponchon y Savarit	51
2.4.2.1 Sección de Enriquecimiento con condensador total	51
2.4.2.2 Sección de Agotamiento	53
2.4.2.3 Aplicación del método de Ponchon y Savarit incluyendo Condensador Total y Caldero Parcial	53
<b>2.5 Cálculos complementarios para el diseño de columnas de destilación</b>	<b>55</b>
2.5.1 Cálculo del Diámetro de la Columna	55
2.5.2 Distribución y consideraciones hidráulicas para platos perforados	56
2.5.3 Eficiencia de Platos	60
<b>2.6 Simulación de Procesos</b>	<b>60</b>
2.6.1 Principales características de los simuladores modulares o secuenciales	61
2.6.2 Principales características Simuladores orientados a ecuaciones	62

2.6.3 Simuladores híbridos o modular secuencial simultáneo	62
--	----

<b>CAPÍTULO III: DISEÑO DE INGENIERÍA</b>	<b>64</b>
---	-----------

<b>3.1 Introducción</b>	<b>64</b>
<b>3.2 Ingeniería Conceptual</b>	<b>64</b>
3.2.1 Memoria Descriptiva del Proyecto	65
3.2.2 Bases de Diseño	70
3.2.3 Esquema de flujo de procesos Ingeniería Conceptual	71
3.2.4 Lay Out Área de Laboratorio	73
<b>3.3 Ingeniería Básica</b>	<b>74</b>
3.3.1 Memoria de cálculo	74
3.3.2 Diagramas Instrumentación de Procesos y Diagramas de Flujo de Procesos	92
3.3.3 Gestión de Materiales	98
3.3.4 Lista de Materiales	104
<b>3.4 Ingeniería de Detalle</b>	<b>107</b>
3.4.1 Bases y Estructuras	108
3.4.2 Obras Mecánicas y de Procesos	110
3.4.2.1 Tanques de almacenamiento	110
3.4.2.2 Columna	110
3.4.2.3 Sistema del condensador	117
3.4.2.4 Sistema del Calderín	122
3.4.3 Obras Eléctricas	126
<b>3.5 Conclusiones</b>	<b>127</b>

<b>CAPÍTULO IV: CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN</b>	<b>129</b>
---	------------

<b>4.1 Introducción</b>	<b>129</b>
<b>4.2 Bases y Estructuras</b>	<b>130</b>
4.2.1 Características de la Estructura	130
<b>4.3 Obras Mecánicas y de Proceso</b>	<b>131</b>
4.3.1 Tanques de Almcenamamiento	132
4.3.1.1 Características de los Tanques	132
4.3.2 Columna	133

4.3.2.1 Características de la columna	133
4.3.3 Condensador	137
4.3.3.1 Características del condensador	138
4.3.4 Calderín	139
4.3.5 Líneas de Transporte	140
<b>4.4 Obras Eléctricas</b>	<b>142</b>
<b>4.5 Planificación y Seguimiento</b>	<b>142</b>
4.5.1 Seguimiento Físico Mensual	146
<b>4.6 Conclusiones</b>	<b>175</b>

<b>CAPÍTULO V: PRECOMISIONADO Y COMISIONADO</b>	<b>176</b>
---	------------

<b>5.1 Introducción</b>	<b>176</b>
<b>5.2 Verificación de Materiales</b>	<b>176</b>
<b>5.3 Pruebas Hidráulicas</b>	<b>178</b>
<b>5.4 Aspectos de Seguridad Industrial</b>	<b>179</b>
5.4.1 Señalización	180
5.4.2 Identificación de Equipos	183
5.4.3 Recomendaciones Indumentaria de Seguridad	184
<b>5.5 Aspecto de presentación del equipo</b>	<b>185</b>

## ÍNDICE DE PLANOS

PLANOS INGENIERÍA BÁSICA		
<b>CVAN-IB10-001</b>	Diagrama de Instrumentación y Procesos (P&ID)	94
<b>CVAN-IB10-002</b>	Diagrama de Flujo de Procesos (PFD)	95
<b>CVAN-IB10-003</b>	Diagrama de Símbolos y Leyendas de Instrumentación y procesos	96
<b>CVAN-IB10-004</b>	Diagrama de Símbolos y Leyendas Instrumentación y Procesos	97

  

PLANOS INGENIERÍA DE DETALLE		
<b>CVAN-ID11-001</b>	Estructura de Soporte Vista 2D y 3D	109
<b>CVAN-ID11-002</b>	Vistas de Tanques en 2D y 3D	111
<b>CVAN-ID11-003</b>	Vista 3D Platos compuestos	114
<b>CVAN-ID11-004</b>	Vista frontal en corte del anillo de teflón	115
<b>CVAN-ID11-005</b>	Vista 3D sección de la columna	116
<b>CVAN-ID11-006</b>	Vista isométrica 3D del sistema de condensación	121
<b>CVAN-ID11-007</b>	Vista Isométrica 3D del Calderín	123
<b>CVAN-ID11-008</b>	Vista Frontal 2D del Equipo destilación	124
<b>CVAN-ID11-009</b>	Vista Isométrica 3D del equipo de destilación.	125

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Referencias Bibliográficas	190
Documentos de Tesis	191
Otros Documentos	191
Sitios Web Consultados	191

## ANEXOS

<b>Anexo 1.1</b>	Análisis asignaturas teórico prácticas	193
<b>Anexo 1.2</b>	Gestión de la Administración de Proyectos	196
<b>Anexo 2.1</b>	Simbología	198
<b>Anexo 3.1</b>	Propiedades Químicas y Físicas componentes	199
<b>Anexo 3.2</b>	Cálculos desarrollados método gráfico de McCabe Thiele	201
<b>Anexo 4.1</b>	Cronograma de Actividades Programado	205
<b>Anexo 4.2</b>	Programación Avance Físico	206

# ÍNDICE DE CUADROS

<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS</b>		<b>1</b>
<b>Cuadro 1.1:</b>	Metodología del Proyecto	10
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b>		<b>13</b>
<b>Cuadro 2.1:</b>	Matriz de clasificación métodos de cálculo para torres de destilación	40
<b>CAPÍTULO III: DISEÑO DE INGENIERÍA</b>		<b>64</b>
<b>Cuadro 3.1:</b>	Variables iniciales de Diseño	70
<b>Cuadro 3.2:</b>	Resultados cálculos método Ponchon y Savarit	77
<b>Cuadro 3.3:</b>	Datos de Equilibrio (Agua – Etanol)	81
<b>Cuadro 3.4:</b>	Datos de Equilibrio (Líquido – Vapor)	81
<b>Cuadro 3.5:</b>	Resultados finales de los métodos de diseño	86
<b>Cuadro 3.6:</b>	Resumen de la geometría de cada etapa	92
<b>Cuadro 3.7:</b>	Lista de Equipos	104
<b>Cuadro 3.8:</b>	Lista de Accesorios	105
<b>Cuadro 3.9:</b>	Lista de Instrumentación	105
<b>Cuadro 3.10:</b>	Variables de diseño de tanques	110
<b>Cuadro 3.11:</b>	Características de los materiales	127
<b>CAPÍTULO IV: CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN</b>		<b>129</b>
<b>Cuadro 4.1:</b>	Características finales de estructura de soporte	130
<b>Cuadro 4.2:</b>	Características finales tanques de almacenamiento	132
<b>Cuadro 4.3:</b>	Características finales de la columna	134
<b>Cuadro 4.4:</b>	Características finales condensador	138
<b>Cuadro 4.5:</b>	Características finales del calderín	139
<b>Cuadro 4.6:</b>	Seguimiento de avance de ejecución física del proyecto	143
<b>CAPÍTULO V: PRECOMISIONADO Y COMISIONADO</b>		<b>176</b>
<b>Cuadro 5.1:</b>	Verificación de materiales Equipo de Destilación	177
<b>Cuadro 5.2:</b>	Detalle de Pruebas Hidráulicas	178
<b>Cuadro 5.3:</b>	Identificación de Equipo	184

# ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS		1
<b>Figura 1.1:</b>	Matriz de la Administración del Proyecto	12
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO		13
<b>Figura 2.1:</b>	Clasificación de las Operaciones de Separación	17
<b>Figura 2.2:</b>	Diagrama esquemático y nomenclatura para una columna de destilación con una alimentación, un condensador total y un caldero en la parte inferior	19
<b>Figura 2.3:</b>	Columna de fraccionamiento continuo con secciones de rectificación y Agotamiento	21
<b>Figura 2.4:</b>	Tipos de platos utilizados en la industria para columna de destilación por etapas	24
<b>Figura 2.5:</b>	Diagramas de Fase de Equilibrio	30
<b>Figura 2.6:</b>	Representación esquemática etapa de equilibrio	35
<b>Figura 2.7:</b>	Diagramas de Balance de materia fraccionamiento continuo	36
<b>Figura 2.8:</b>	Plato superior con condensador total	43
<b>Figura 2.9:</b>	Construcción gráfica del plato superior	43
<b>Figura 2.10:</b>	Balances de Materia sección agotamiento y caldera	44
<b>Figura 2.11:</b>	Construcción gráfica para el plato inferior y caldero	45
<b>Figura 2.12:</b>	Flujo a través del plato de alimentación para diferentes condiciones de alimentación	46
<b>Figura 2.13:</b>	Esquema del piso de alimentación de una columna de rectificación adiabática de una mezcla binaria	47
<b>Figura 2.14:</b>	Efecto de la condición de alimentación sobre la línea de alimentación	49
<b>Figura 2.15:</b>	Construcción de líneas de platos según método McCabe Thiele	50
<b>Figura 2.16:</b>	Diagramas de construcción de etapas de Ponchon y Savarit	54
<b>Figura 2.17:</b>	Coefficientes de descarga para el flujo de vapor en platos perforados	58
<b>Figura 2.18:</b>	Alturas de presión en platos perforados	59
CAPÍTULO III: DISEÑO DE INGENIERÍA		64
<b>Figura 3.1:</b>	Esquema de flujo de procesos Ingeniería Conceptual	72
<b>Figura 3.2:</b>	Lay Out Área de Laboratorio Procesos Industriales UCB	73
<b>Figura 3.3:</b>	Representación gráfica cálculos $R_{min}$ y Entalpías	80
<b>Figura 3.4:</b>	Diagrama Método Gráfico Ponchon y Savarit combinado con Diagrama de Equilibrio	82



<b>Figura 3.5:</b>	Resultados de Simulación en Hysys	85
<b>Figura 3.6:</b>	Factor de Capacidad para inundación de Platos Perforados	88

<b>CAPÍTULO IV: CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN</b>	<b>129</b>
---	------------

<b>Figura 4.1:</b>	Estructura de soporte	131
<b>Figura 4.2:</b>	Fotografía final tanques de almacenamiento	133
<b>Figura 4.3:</b>	Diagrama partes internas de la columna	135
<b>Figura 4.4:</b>	Fotografía sección columna	137
<b>Figura 4.5:</b>	Diagrama final sistema de condensación	139
<b>Figura 4.6:</b>	Diagrama final del calderín	140
<b>Figura 4.7:</b>	Fotografía columna montada con sistemas de condensación y calderín	141
<b>Figura 4.8:</b>	Curva “S” de seguimiento de avance ejecución física	144
<b>Figura 4.1:</b>	Diagrama de Gantt de seguimiento al avance global del proyecto	145

<b>CAPÍTULO V: PRECOMISIONADO Y COMISIONADO</b>	<b>176</b>
---	------------

<b>Figura 5.1:</b>	Señalización de Prohibición y Restricción	180
<b>Figura 5.2:</b>	Señalización de Prohibición	181
<b>Figura 5.3:</b>	Señalización de precaución	181
<b>Figura 5.4:</b>	Señales de restricción e indumentaria de seguridad	182
<b>Figura 5.5:</b>	Cuadro de riesgos NFPA	183