

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“DISEÑO DE UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE METANOL
A PARTIR DEL GAS NATURAL,
PARA LA PLANTA GRAN CHACO”**

Por:

HARRY TOSSÍO CAZÓN VÁSQUEZ

**Modalidad de graduación Proyecto de Grado presentado a consideración de la
“UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito
para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Química.**

Marzo de 2013

TARIJA-BOLIVIA

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo éstas responsabilidad del autor.

Al finalizar la etapa de formación académica con este proyecto de grado después de un largo camino de aprendizaje, la dedico a Dios, a papá y mamá: Valentín y Esmeralda por su confianza y constante apoyo, por haberme mostrado lo bueno de la vida.

A mis hermanos con quienes pude compartir muchos momentos gratos y siempre poder contar con ellos: Neil, Marianela, Carlos, Hans, Namhim y Edwin y en fin a toda mi familia “los quiero mucho”.

A mis amigos por compartir experiencias durante esta larga travesía.

Agradezco a la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”, por haberme brindado los conocimientos necesarios en mi formación como profesional.

A los miembros del tribunal por su comprensión y permitir así la culminación de este proyecto.

Al docente guía de la materia Ing. José Ernesto Auad por darme la confianza necesaria para seguir adelante.

Y a todas las personas que de una u otra manera colaboraron en la realización del presente trabajo en especial a una compañera y ahora Ing. Nicole Acosta.

“When I do good, I feel good. When I do bad, I feel bad. That’s my religion”.

Abraham Lincoln

ÍNDICE

	Página
Advertencia.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Pensamiento.....	iv
Resumen.....	v

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Objetivos.....	6
1.3. Justificación.....	6

CAPÍTULO II ESTUDIO DE MERCADO

2.1. Introducción.....	9
2.2. Generalidades.....	9
2.3. Estructura del Mercado Regional, Nacional e Internacional.....	10
2.4. Descripción y Especificaciones de Materia Prima y Productos.....	12
2.5. Análisis de la Oferta y la Demanda de Materia Prima y Productos.....	17
2.6. Balance entre Oferta y Demanda.....	25
2.7. Descripción Geográfica del Mercado y Políticas de Comercialización.....	28
2.8. Análisis de Precios.....	30
2.9. Proyecciones.....	35

CAPÍTULO III TAMAÑO Y LOCALIZACIÓN

3.1. Tamaño.....	38
3.2. Localización.....	41
3.3. Factores Determinantes.....	46

CAPÍTULO IV INGENIERÍA DEL PROYECTO

4.1. Características Técnicas de la Materia Prima y Productos.....	47
4.2. Descripción de los Procesos Existentes para la Producción de Metanol.....	50
4.3. Selección del Proceso a Diseñar.....	68
4.4. Diagrama de Flujo.....	92
4.5. Balance de Materia y Energía.....	92
4.6. Diseño del Equipo Principal.....	107
4.7. Distribución General de la Planta.....	109
4.8. Servicios Auxiliares.....	114
4.9. Evaluación Técnica de la Planta.....	115

4.10. Cronograma de Ejecución.....	117
4.11. Organización de la Empresa.....	117

CAPÍTULO V

ASPECTOS ECONOMICOS DEL PROYECTO

5.1. Inversión del Proyecto.....	122
5.2. Financiamiento.....	135

CAPÍTULO VI

EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO

6.1. Determinación del Punto de Equilibrio.....	138
6.2. Fuentes y Usos de Fondos.....	139
6.3. Evaluación Económica.....	140
6.4. Indicadores de Evaluación.....	142
6.5. Determinación de la Utilidad Líquida.....	147
6.6. Análisis de Sensibilidad.....	148

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones.....	150
7.2. Recomendaciones.....	152
8. Bibliografía.....	153

Índice de Tablas

	Página
Tabla I-1 Empresas Comercializadoras y Productoras de Metanol en el Mundo.....	2
Tabla I-2 Empresas Productoras de Metanol en Latinoamérica.....	4
Tabla II-1 Especificaciones del Metanol.....	10
Tabla II-2 Productos Regulados y No Regulados (REFINERÍAS).....	11
Tabla II-3 Campos de Extracción de GLP y Gasolina Natural.....	12
Tabla II-4 Productos del Gas Natural.....	14
Tabla II-5 Volúmenes Facturados al Mercado de Exportación.....	17
Tabla II-6 Capacidad de Metanol en Latinoamérica.....	20
Tabla II-7 Producción y Venta de Metanol en Latinoamérica.....	21
Tabla II-8 Sud y Centro América: Producción y Consumo de GN.....	22
Tabla II-9 Importaciones y Consumo de Metanol en Latinoamérica.....	25
Tabla II-10 Balance de Oferta y Demanda de Metanol Global.....	26
Tabla II-11 Evolución Precio Gas Natural.....	31
Tabla II-12 Demanda Global de Metanol.....	37
Tabla III-1 Reservas Probadas de Gas Natural.....	40
Tabla IV-1 Composición de Gas Rico Planta Gran Chaco.....	47
Tabla IV-2 Poder Calorífico del Metano e Hidrocarburos Pesados Presentes en el Gas Natural.....	49
Tabla IV-3 Tecnologías para la Producción de Gas de Síntesis.....	56
Tabla IV-4 Breve resumen de los procesos de producción de metanol.....	68
Tabla IV-5 Selección del proceso para la producción de metanol a partir del gas natural.....	69
Tabla IV-6 Concepto de Economía de Lurgi MegaMethanol.....	70
Tabla IV-7 Propiedades del catalizador sólido en la síntesis de metanol.....	72
Tabla IV-8 Síntesis de Metanol, Condiciones Operativas.....	75
Tabla IV-9 Datos cinéticos y de equilibrio.....	82
Tabla IV-10 Condiciones de Operación Utilizadas por Vanden Bussche y Froment.....	87
Tabla IV-11 Resumen de las Corrientes Significativas del Proceso.....	91
Tabla IV-12 Consumo de Energía Eléctrica.....	104
Tabla IV-13 Datos del Catalizador y el Reactor.....	108
Tabla IV-14 Factores de Decisión.....	116
Tabla V-1 Inversión total requerida.....	129
Tabla V-2 Resumen de costos anuales.....	131
Tabla V-3 Costo unitario de producción.....	132
Tabla V-4 Precio de venta del metanol.....	133
Tabla V-5 Ingresos anuales proyectados.....	133
Tabla V-6 Estado de pérdidas y ganancias.....	134
Tabla V-7 Estructura de financiamiento.....	135
Tabla V-8 Plan de pagos.....	137
Tabla VI-1 Punto de equilibrio en unidades monetarias.....	138
Tabla VI-2 Punto de equilibrio en unidades físicas.....	139
Tabla VI-3 Estado de flujo de fondos.....	140
Tabla VI-4 Análisis de pérdidas y ganancias económicas.....	141

Tabla VI-5 Estado de flujos económicos.....	142
Tabla VI-6 Flujo neto económico.....	143
Tabla VI-7 Relación Beneficio/Costo.....	145
Tabla VI-8 Flujo neto financiero.....	146
Tabla VI-9 Utilidad líquida.....	147
Tabla VI-10 Rentabilidad con relación a la inversión.....	149
Tabla VI-11 Análisis de sensibilidad (-6 %).	149
Tabla VI-12 Análisis de sensibilidad (+6 %).	150

Índice de Figuras

	Página
Figura 4-1 Producción de Metanol a partir del Gas Natural por el Proceso Lurgi MegaMethanol.....	77
Figura 4-2 Organización de la Empresa.....	113

Índice de Gráficos

	Página
Gráfico 2-1 Árbol Petroquímico del Metanol.....	16
Gráfico 2-2 Volúmenes Facturados al Mercado de Exportación.....	18
Gráfico 2-3 Capacidad Mundial de Producción de Metanol.....	20
Gráfico 2-4 Sud y Centro América: Producción y Consumo de GN.....	23
Gráfico 2-5 Demanda Mundial de Metanol.....	24
Gráfico 2-6 Oferta y Demanda Mundial de Metanol.....	27
Gráfico 2-7 Oferta y Demanda en América del Sur de Metanol.....	28
Gráfico 2-8 Principales Mercados a Nivel Bolivia.....	29
Gráfico 2-9 Mercados Potenciales a Nivel Mundial.....	30
Gráfico 2-10 Evolución Precio Gas Natural.....	32
Gráfico 2-11 Variación Trimestral de los Precios de Exportación del Gas Natural Boliviano.....	32
Gráfico 2-12 Precios del Metanol de Enero.....	34
Gráfico 2-13 Precio Equivalente de los Productos Energéticos Valorado al Metanol Para el Mundo.....	34
Gráfico 2-14 Proyección de Oferta y Demanda Mundial de Metanol.....	35
Gráfico 2-15 Demanda Global de Metanol.....	36
Gráfico 3-1 Reservas de Gas Natural Certificadas por RYDER SCOTT.....	39
Gráfico 3-2 Reservas de Gas Natural de Bolivia para Abastecer el consumo Interno y las Exportaciones.....	39
Gráfico 3-3 Ubicación Población Madrejón 1.....	42
Gráfico 3-4 Ubicación Población Madrejón 2.....	43

Gráfico 3-5 Planta de Producción de Metanol Según las Fuentes de GN.....	44
Gráfico 4-1 Diagrama de Bloques Para la Producción de Metanol Usando Oxidación Parcial.....	52
Gráfico 4-2 Diagrama de Bloques Para la Producción de Metanol Usando Reformado con Vapor.....	53
Gráfico 4-3 Diagrama de Flujo Proceso BASF.....	57
Gráfico 4-4 Diagrama de Flujo Proceso Fischer-Tropsch.....	59
Gráfico 4-5 Diagrama de Flujo Proceso Haldor Topsøe.....	60
Gráfico 4-6 Diagrama de Flujo Proceso Mitsubishi Gas Chemical.....	61
Gráfico 4-7 Diagrama de Flujo Proceso ICI.....	62
Gráfico 4-8 Diagrama de Flujo Proceso Lurgi.....	64
Gráfico 4-9 Producción de Metanol Usando Lurgi Reformado Autotérmico.....	65
Gráfico 4-10 Producción de Metanol Usando Lurgi Reformado Combinado.....	67
Gráfico 4-11 Diagrama de Flujo Proceso Lurgi MegaMethanol.....	92
Gráfico 4-12 Diagrama del Proceso Lurgi MegaMethanol.....	112
Gráfico 4-13 Diagrama de Equipos.....	113

Índice de Anexos

	Página
Anexo 1.....	158
Anexo 2.....	167
Anexo 3.....	169
Anexo 4.....	170
Anexo 5.....	171
Anexo 6.....	171