

UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE EXPLOTACIÓN DE CUARCITA (SÍLICE).

Por:

Univ. Carlos Horacio Cortez Alemán

Modalidad de graduación presentada a consideración de la "UNIVERSIDAD AUTONOMA
JUAN MISAEL SARACHO", como requisito para optar el grado académico de Licenciatura
en Ingeniería Química

Octubre de 2017

TARIJA – BOLIVIA

Vº Bº

Ing. Daniel Centeno

DOCENTE GUÍA

M.Sc. Ing. Ernesto Álvarez Gozalvez

DECANO FACULTAD DE

CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

M.Sc. Lic. Elizabeth Castro Figueroa

VICEDECANA FACULTAD

CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

APROBADA POR:

TRIBUNAL:

ING. RENE EMILIO MICHEL CORTES

ING. ERNESTO CAIHUARA

ING. IGNACIO VELÁSQUEZ

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.

A mi Padre Víctor Carlos Cortez
Ruiz a mi madre Claudia Alicia
Alemán de Cortez y a mi
hermana Maria Renee Cortez
darles las gracias por todo el
apoyo brindado para la
elaboración de este trabajo

A mi docente guía y a los tribunales
que gracias a sus observaciones se
logró que se haga realidad un sueño.

ÍNDICE

ADVERTENCIA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
PENSAMIENTO.	iv
RESUMEN.....	v

INTRODUCCIÓN

	Páginas
ANTECEDENTES	1
OBJETIVOS	4
OBJETIVO GENERAL.....	4
OBJETIVO ESPECÍFICO.....	4
JUSTIFICACIÓN	4

CAPÍTULO I

ESTUDIO DE MERCADO

1.1 GENERALIDADES	7
1.2. ESTRUCTURA DEL MERCADO REGIONAL.....	10
1.3. DESCRIPCION Y ESPECIFICACIONES DE LAS MATERIAS PRIMAS.....	10
1.3.1. MATERIAS PRIMA CUARCITA	10
1.3.2. PRODUCTO ARENA DE SILICE.....	12
1.4. ANÁLISIS OFERTA Y DEMANDA.....	13
1.4.1. OFERTA Y DEMANDA DE LAS MATERIAS PRIMAS	13

1.4.2. OFERTA Y DEMANDA DEL PRODUCTO	15
1.4.2.1. DEMANDA ARENA DE SILICE EMPRESA FRITAS TARIJA	17
1.4.2.2. DEMANDA DE ARENA DE SILICE EMPRESA DE VIDRIO	19
1.5. DESCRIPCION GEOGRAFICA DEL MERCADO.....	23
1.6. ANÁLISIS DE PRECIOS: MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTO	24
1.7. PROYECCIONES DEL MERCADO.....	24
1.7.1. METODO DE LA LINEA DE TENDENCIA O REGRESION.....	25
1.8. POLITICAS DE COMERCIALIZACION	28

CAPÍTULO II

TAMAÑO Y JUSTIFICACIÓN

2.1 JUSTIFICACIÓN DEL TAMAÑO	30
2.2. JUSTIFICACION DE LA LOCALIZACIÓN.....	31
2.2.1. MACRO LOCALIZACIÓN	31
2.2.2. MICRO LOCALIZACIÓN	32
2.2.3. ASIGNACT'ON DE VALORES PONDERADOS DE PESO RELATIVO.....	34
2.2.4. ESCALA DE CALIFICACIÓN	34
2.2.5. CALIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS.....	35
2.3. FACTORES DETERMINATES DE LA LOCALIZACION.....	36

CAPÍTULO III

INGENIERÍA DEL PROYECTO

3.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTOS	39
3.1.1. CARACTERISTICAS TECNICAS DE MATERIA PRIMA CUARCITA	39

3.1.2. CARACTERISTICAS TECNICAS DE PRODUCTO.....	40
3.2. DESCRIPCION DE LOS DIFERENTES PROCESOS PARA LA PRODUCCION DE ARENA DE SILICE.....	41
3.2.1. SISTEMA DE MOLIENDA EN CIRCUITO CERRADO	41
3.2.2. SISTEMA DE MOLIENDA EN CIRCUITO ABIERTO	42
3.3. SELECCIÓN DEL PROCESO A DISEÑAR.....	44
3.4. DISEÑO DEL PROCESO.....	48
3.4.1. RECEPCION, PESAJE DE LAS MATERIAS PRIMAS	48
3.4.2. ACOPIO DE MATERIAS PRIMAS.....	49
3.4.3. MOLIENDA PRIMARIA	49
3.4.3.1. CRIBADO DE LAS MATERIAS PRIMAS	49
3.4.3.2 TRITURACION O CHANCADO	50
3.4.3.2.1 VELOCIDAD ANGULAR DEL CHANCADOR BLAKE.....	52
3.4.3.2.2. CAPACIDAD DE PRODUCCION CHANCADOR BLAKE.....	53
3.4.3.2.3 ENERGIA PARA EL ACCIONAMIENTO DEL CHANCADOR.....	53
3.4.3.2.4. TAMIZADO A LA SALIDA DEL CHANCADOR.....	54
3.4.3.4. MOLIENDA SECUNDARIA.....	55
3.4.4.1. MOLINO DE BOLAS	55
3.4.4.1.1 POTENCIA EXIGIDA POR EL MOLINO DE BOLAS.....	56
3.4.4.1.2 DIMENSIONES ÓPTIMAS DEL MOLINO DE BOLAS.....	57
3.4.4.1.3 VELOCIDAD DE ROTACION CRÍTICA DEL MOLINO	59
3.4.4.1.4 PESO TOTAL DE LOS CUERPOS MOLEDORES.....	60
3.4.4.1.5 CAUDAL DE LOS MOLINOS DE BOLAS.....	61
3.4.4.1.6 VOLUMEN DE LLENADO DE BOLAS	62

3.4.4.1.7 CUERPOS MOLEDORES.....	63
3.4.4.2 SEPARADOR ESTÁTICO DE AIRE	64
3.4.4.2.1 SELECCIÓN DEL TAMAÑO DEL SEPARADOR	65
3.4.4.2.2 DIMENSIONES DEL SEPARADOR.....	66
3.4.4.3 CICLÓN.....	66
3.4.4.3.1 DIMENSIONES DEL CICLON	68
3.4.4.3.2 EFICIENCIA DE COLECCIÓN DEL CICLON.....	72
3.4.4.3.3 CAIDA DE PRESION DEL CICLON.....	73
3.4.4.3.4 SELECCIÓN Y POTENCIA DEL VENTILADOR	74
3.4.4.4 ELEVADOR DE CANGILONES.....	75
3.4.4.4.1 POTENCIA DEL ELEVADOR DE CANGILONES	77
3.4.5 SEPARACION.....	78
3.4.5.1 COLECTOR DE FILTROS DE TELA.....	78
3.4.5.2 IMAN ELEVADOR.....	79
3.4.5.3 ALMACENAJE Y CARGUIO.....	79
3.5 DIAGRAMA DE FLUJO DE PLANTA	80
3.6. BALANCE DE MATERIA DEL PROCESO	81
3.6.1 BALANCES EN LA MOLIENDA PRIMARIA.....	81
3.6.2. BALANCES EN LA MOLIENDA SECUNDARIA.....	88
3.6.3 BALANCES EN LA SEPARACION	95
3.7 DIMENSIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS PRINCIPALES	103
3.7.1. DISEÑO DE LA CHANCADORA	103
3.7.2 DISEÑO DEL MOLINO DE BOLAS	104

3.7.3. DISEÑO DEL SEPARADOR.....	110
3.7.4. DISEÑO DEL CICLÓN	111
3.7.5. DISEÑO DEL ELEVADOR DE CANGILONES.....	119
3.8. SERVICIOS AUXILIARES.....	124
3.8.1. ENERGIA ELECTRICA.....	124
3.8.2. CONSUMO DE AGUA	125
3.8.3. CONSUMO DE GASOLINA Y DIESEL	127
3.9. CRONOGRAMA DE EJECUCION.....	128
3.10. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA.....	129
3.10.1. ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA	130
3.10.2. DESCRIPCIÓN DE FUNCIONES DE LOS PRINCIPALES CARGOS	131

CAPÍTULO IV

ASPECTOS ECONÓMICOS DEL PROYECTO

4.1. COMPONENTES DE LA INVERSION	135
4.1.1. INVERSIÓN FIJA	135
4.1.2. TERRENO	135
4.1.3. MAQUINARIAS Y EQUIPOS	135
4.1.4. MUEBLES Y ENSERES	137
4.1.5. EDIFICIOS	139
4.1.6. MATERIALES DIRECTOS E INDIRECTOS.....	140
4.1.7. DETALLE DE MANO DE OBRA DIRECTA E INDIRECTA.....	141
4.1.8. VEHÍCULOS.....	142
4.1.9. MATERIAS PRIMAS E INSUMOS	142

CAPÍTULO V

EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA DEL PROYECTO

5.1. INTRODUCCIÓN.....	145
5.2. EVALUACIÓN DE LOS CRITERIOS ECONÓMICOS.....	145
5.2.1. VALOR ACTUAL NETO (VAN).....	145
5.2.2. TASA INTERNA DE RETORNO (TIR).....	146
5.2.3 EFECTO PALANCA.....	147
5.3. PERIODO DE RECUPERACIÓN DEL CAPITAL.....	148
5.4. RELACIÓN BENEFICIO/COSTO	148
5.5. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	149

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES	151
6.2. RECOMENDACIONES	152

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	154
-----------------------------------	------------

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

	Páginas
Tabla I-1. Producción mundial de dióxido de silicio industrial (kt).....	2
Tabla I-2. Consumo de dióxido de silicio empresas bolivianas (t/mes).....	8
Tabla I-3. Propiedades de la cuarcita.....	11
Tabla I-4. Clasificación de arenas por su distribución granulométrica.....	12
Tabla I-5. Yacimientos de cuarcita.....	14
Tabla I-6. Análisis de estratos del yacimiento “el salvador”.....	14
Tabla I-7. Precio de la arena de sílice puesta en planta de procesamiento.	15
Tabla I-8. Gastos transporte Uyuni-Tarija camión de 12 cubos.....	15
Tabla I-9. Días de recorrido carretera Potosí-Tarija.....	16
Tabla I-10. Gestión 2015.	16
Tabla I-11. Gastos por transporte Cochabamba-Tarija camión de 12 cubos	16
Tabla I-12. Días de recorrido por carretera Cochabamba - Tarija.	17
Tabla I-13. Gasto de los ofertantes de arena de sílice y días de traslado.	17
Tabla I-14 Demanda de fritas blancas en Bolivia.....	18
Tabla I-15. Formula de frita blanca para una tonelada de producción.....	18
Tabla I-16. Demanda de arena de sílice por fritas.....	19
Tabla I-17A. Cantidad de envases de vidrio y masa de vidrio.....	20
Tabla I-17B. Cantidad de envases de vidrio y masa de vidrio.....	21
Tabla I-18. Composición materias primas y vidrio de desecho para fabricación de envases de vidrio	22
Tabla I-19. Demanda de arena de sílice para la elaboración de envases de botellas	22
Tabla I-20. Precio de extracción de áridos (Bs/m ³).	24

Tabla I-21. Demanda de arena de sílice.....	26
Tabla II-1. Valores ponderados de peso relativo.....	34
Tabla II-2. Calificación de factores ponderados	35
Tabla II-3. Resumen de la localización zona de Camacho	37
Tabla III-1. Características Técnicas de Materia Prima.....	39
Tabla III-2. Características Técnicas de Producto	40
Tabla III-3. Descripción de los procesos existentes	43
Tabla III-4. Análisis comparativo de procesos	44
Tabla III-5A. Ventajas y desventajas de equipos para molienda por vía seca	45
Tabla III-5B. Ventajas y desventajas de equipos para molienda por vía seca	46
Tabla III-5C. Ventajas y desventajas de equipos para molienda por vía seca	47
Tabla III-6A. Resumen de Valores de Balance de Materia	99
Tabla III-6B. Resumen de Valores de Balance de Materia	100
Tabla III-6C. Resumen de Valores de Balance de Materia	101
Tabla III-6D. Resumen de Valores de Balance de Materia	102
Tabla III-7. Descripción de las bolas por tamaño	110
Tabla III-8A. Resumen de valores de diseño	122
Tabla III-8B. Resumen de valores de diseño	123
Tabla III-8C. Resumen de valores de diseño.....	124
Tabla III-9. Consumo de Energía Eléctrica Año (Kw)	125
Tabla III-10. Costos de Energía Eléctrica (\$us).....	126
Tabla III-11. Consumo de Agua Anual por Punto (Bs).....	127
Tabla III-12. Costos de Agua Potable (\$us)	127

Tabla III-13. Consumo Combustible (l).....	128
Tabla III-14. Costos de Combustible Gasolina - Diésel	129
Tabla IV-1. Costo de Máquinas y Equipos (\$us)	138
Tabla IV-2A Costos de Muebles y Enseres (\$us)	139
Tabla IV-2B Costos de Muebles y Enseres (\$us).....	140
Tabla IV-3. Detalle de Obras Civiles e Instalaciones (\$us)	141
Tabla IV-4. Materiales directos e indirectos (\$us)	142
Tabla IV-5. Detalle de mano de obra directa e indirecta (\$us)	143
Tabla IV-6. Coto de vehículos (\$us).....	144
Tabla IV-7. Costo de materias primas e insumos (\$us).....	144
Tabla V-1. Calculo de flujo de la TIRE	149
Tabla V-2. Calculo de flujo de la TIRF	149
Tabla V-3. Efecto palanca	150
Tabla V-4. Relación beneficio/costo.....	151
Tabla V-5. Efecto palanca de sensibilidad	151

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO I.1. Demanda Proyectada para la arena de Sílice	27
CUADRO III.1. Cronograma de ejecución.....	130

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama III-1. Sistema de Molienda Circuito Cerrado	41
Diagrama III-2. Sistema de Molienda Circuito Abierto.....	42

Diagrama III-3. Diagrama de Flujo de la Planta.....	80
Diagrama III-4. Organigrama de la empresa	132

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cuarcita del Departamento de Tarija Deposito “El Salvador”	3
Figura 3.1. Interrelación de procesos de molienda	48
Figura 3.2. Mecanismos de aplicación de fuerzas	50
Figura 3.3. Accionamiento Trituradora Blake.....	52
Figura 3.4. Tamiz Hummer de Vibración Eléctrica	54
Figura 3.5. Dimensiones Óptimas para un Molino de Dos Cámaras.....	57
Figura 3.6. Molino de Bolas de Tipo Rejilla Marcy.....	58
Figura 3.7. Formas de Recubrimiento de Molino de Bolas.....	58
Figura 3.8. Representación grafica de la velocidad angular critica	59
Figura 3.9. Llenado de los Cuerpos molidores según Lewenson	62
Figura 3.10. Movimiento de cuerpos molidores	63
Figura 3.11. Esquemas de Alimentación y Descarga de Molinos	64
Figura 3.12. Separador estático de aire	65
Figura 3.13. Mecanismo de colección de partículas en un ciclón	67
Figura 3.14. Vórtices en el ciclón	68
Figura 3.15. Dimensiones del ciclón	69
Figura 3.16. Elevador de Cangilones	77
Figura 3.17. Colector de filtros de tela	78
Figura 3.18. Tipos de imanes elevadores	79