

Universidad Nacional de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO Y PETROQUÍMICA



ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO DE UNA PLANTA PARA PRODUCIR CARBONATO DE CALCIO PRECIPITADO UTILIZADO EN LA INDUSTRIA DE LOS POLÍMEROS

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO PETROQUÍMICO

EMERSON ALCIDES COLLADO DOMÍNGUEZ

PEDRO ARTURO PIZARRO SOLÍS

Lima • Perú • 1980

INTRODUCCION

El presente trabajo, fruto del esfuerzo desplegado durante 15 meses de investigación, fue realizado en el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la "Universidad Nacional de Ingeniería" bajo el auspicio de "Sociedad Paramonga Limitada".

En el Trabajo de Investigación se ha determinado experimentalmente a base de ensayos prácticos a nivel de Laboratorio y de Planta Piloto, la tecnología necesaria para producir en el Perú Carbonato de Calcio Precipitado, utilizado como insumo en la Industria de Polímeros. En la elaboración del presente trabajo de Tesis se ha adicionado la correspondiente escalación a nivel industrial para una planta de este producto junto con un Estudio de Mercado completo, así como de las inversiones necesarias y de su financiamiento.

Deseamos agradecer a la Empresa Sociedad Paramonga Limitada, auspiciadora del proyecto, en la persona - del Ing. Leonardo Valle, Gerente de Planeamiento y Desarrollo de SPL, así como del Ing. Hugo Maraví E., Direc-

tor del Proyecto de Investigación por su invaluable colaboración prestada. Al Ing. Doris Maraví de Muscari, Jefe del Departamento de Procesos Industriales al Dr. Emilio LeY, representante del ITINTEC para el Proyecto y a todas las personas que ayudaron a que el trabajo de Investigación y elaboración de la Tesis llegue a un feliz término.

Finalmente, deseamos expresar nuestro especial agradecimiento a nuestra ALMA MATER "UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA" por habernos formado profesionalmente y confiarnos la realización del Trabajo de Investigación.

Gracias.

LOS AUTORES

I N D I C E

I.	ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DEL PROYECTO	
1.1.	Denominación, Ubicación, Naturaleza y Extensión del Proyecto	
1.2.	Entidades y Personas Responsables de la Promoción, Ejecución y Operación del Proyecto	2
1.3.	Antecedentes y Estudios Previos que dieron origen a la Idea y/o que son aplicables	3
II.	ESTUDIO DE MERCADO	5
2.0.	Introducción	5
2.1.	Definición del Producto	5
2.2.	Selección de los Países en Estudio	13
2.3.	Situación de la Industria de Carbonato de Calcio Natural en el Perú. Generalidades	13
2.3.1.	Situación en el Perú. Análisis	14
2.3.1.1.	Demanda histórica de Carbonato de Calcio Precipitado	14
2.3.1.2.	Oferta de Carbonato de Calcio Precipitado en el País	16
2.3.2.	Estructura del Mercado de Carbonato de Calcio Precipitado	16
2.3.3.	Tasas de Crecimiento para Proyectar la Demanda de Carbonato de Calcio Precipitado.	17
2.3.4.	Proyección de Demanda Potencial en el Perú.	18

	<u>Pág.</u>
2.4. Situación de la Industria de Carbonato de Calcio Precipitado en el Grupo Andino. Generalidades.	19
2.4.1. Situación en el GRAN. Análisis	20
2.4.2. Estructura de Mercado de Carbonato de Calcio Precipitado en el GRAN	21
2.4.3. Tasas de Crecimiento para Proyectar la demanda en los países del GRAN	21
2.4.4. Proyecciones de Demanda Potencial de Carbonato de Calcio Precipitado en los países del GRAN.	22
2.5. Análisis del Estudio de Mercado de Carbonato de Calcio Precipitado en los países del GRAN.	22
2.5.1. Componentes del Mercado de Carbonato de Calcio Precipitado en los países del GRAN.	22
2.5.2. Potencial de Ventas	23
2.5.3. Resumen Comparativo del Mercado Potencial para cada país.	23
A. Estructura del Potencial de Ventas adoptado	23
B. Ventas del Perú y su situación en el GRAN	25
2.6. Precios de Carbonato de Calcio Precipitado	25
2.6.1. Precios Históricos y Análisis de Precios.	25
III. TAMAÑO Y LOCALIZACION DE PLANTA	31
3.1. Tamaño de Planta	31
3.1.1. Tamaño de Planta vs. Tamaño de Mercado	31

	<u>Pág.</u>
3.1.2. Tamaño de Planta vs Tecnología	32
3.1.3. Tamaño de Planta vs Disponibilidad de Materias Primas	33
3.1.4. Conclusiones sobre el Tamaño de Planta	34
3.2. Localización de Planta	34
3.2.1. Disponibilidad de Materias Primas	35
3.2.2. Servicios Industriales	37
3.2.3. Disponibilidad de Mano de Obra	37
3.2.4. Distancia a los Centros de Consumo	38
3.2.5. Medios de Transporte	38
3.2.6. Area y Disponibilidad de Terreno	39
3.2.7. Condiciones Climáticas y Ambientales	39
3.2.8. Equipamiento Urbano	39
3.2.9. Política de Descentralización Industrial	39
IV. INGENIERIA DEL PROYECTO	
4.1. Estudios Previos	42
4.1.1. Estudios Exploratorios, Reconocimiento a Inventario de Recursos Naturales	42
4.1.2. Investigaciones Tecnológicas, Experiencia y Pruebas	43
4.2. Proceso de Fabricación	44
4.2.1. Presentación, Análisis de Alternativas de las Mismas	44
4.2.2. Principales Características de cada una de las fases por cada proceso productivo	53
4.2.3. Tecnologías existentes para cada una de las fases por cada proceso productivo	65

4.2.4. Uso de la Tecnología Propia para cada una de las fases del Proceso, adecuados a nuestra realidad o creada. Investigación realizada por intermedio de ITINTEC.	68
4.2.5. Proceso Productivo a emplearse	70
4.2.5.1. Descripción y Características Técnicas del Proceso.	
Flow Sheet	70
4.2.5.2. Bases del Diseño:	78
A. Planta	78
B. Productos, Capacidad	79
C. Especificación de Materias Primas	80
D. Especificaciones de Servicios Industriales	81
E. Disposición de Deshechos	82
- Efluentes Gaseosos, Especificaciones	
- Efluentes Líquidos, Especificaciones	
- Deshechos Sólidos, Especificaciones.	
F. Consumos unitarios	82
G. Sistema Métrico	83
H. Mano de Obra	84
I. Disposición de Planta	84
4.2.5.3. Tecnología-Sus Alcances	85
A. Información Técnica	85
B. Asistencia Técnica	104
C. Garantías	105
D. Supervisión	107

	<u>Pág.</u>
4.2.5.4. Fabricación y Compra de Maquinarias y Equipos	108
4.2.5.4.1. Condiciones del Suministro de Maquinarias y Equipos	108
4.2.5.4.2. Lista de Equipos	109
4.2.5.6. Construcción y Erección de Planta	111
4.2.5.7. Obras Civiles	111
4.2.5.8. Pruebas y Puesta en Marcha	111
4.2.5.9. Entrenamiento de Personal	112
4.2.6. Planificación y Ejecución del Proyecto	113
4.2.7. Programa de Producción	113
4.3. Ingeniería	115
V. INVERSIONES	
5.1. Inversión en Activos Fijos	161
5.1.1. Equipos y Maquinarias	162
5.1.2. Obras Civiles y Edificios	162
5.1.3. Montaje y Erección	164
5.1.4. Supervisión durante la Erección y Puesta en Marcha	164
5.1.5. Respuestos	164
5.1.6. Imprevistos	165
5.2. Gastos Pre-Operativos	165
5.3. Intereses durante la Construcción	165
5.4. Capital de Trabajo	166
5.5. Requerimientos de Moneda Nacional y Extranjera	166

	<u>pág.</u>
5.5.1. Estructura Financiera al Empezar las Operaciones de Producción	166
5.5.2. Estructura Financiera Anual de la Implementación del Proyecto	167
5.5.3. Calendario de Inversiones de Moneda Nacional y Extranjera	167
 VI. FINANCIAMIENTO	 172
6.1. Esquema de Financiamiento	172
6.2. Calendario de Préstamos y Amortización	173
 VII. COSTOS DE OPERACION	 176
7.1. Costos Variables	176
7.2. Costos Fijos	176
7.3. Costos de Ventas	177
7.4. Gastos Administrativos	177
7.5. Gastos Pre Operativos	180
7.6. Gastos Financieros	180
7.7. Punto de Equilibrio	180
 VIII. RENTABILIDAD	 183
8.1. Bases	183
8.2. Estructura de Precios	184
8.3. Determinación del Margen Bruto	184
8.4. Determinación de la REntabilidad Económica	185
8.5. Determinación de la Rentabilidad Financiera	185
 IX. BALANCE DE DIVISAS	 189
9.1. Aumento de Exportaciones	189
9.2. Sustitución de Importaciones	189
 X. ANEXOS Y BIBLIOGRAFIA	 190

I. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DEL PROYECTO

CAPITULO I

ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.1. DENOMINACION, UBICACION, NATURALEZA Y EXTENSION DEL PROYECTO

Dentro del marco general del desarrollo industrial y tecnológico del país, y en lo particular de la maximización en el uso de sus recursos y/o subproductos, Sociedad Paramonga Limitada (SPL) encontró en el producto Carbonato de Calcio Precipitado la oportunidad deseada. Este producto totalmente importado y cuya demanda ha crecido grandemente en los últimos años, puede ser obtenido a partir de materias primas existentes en el país, tal como cal apagada y dióxido de carbono, siendo éste último un subproducto de la Empresa Sociedad Paramonga Ltda. La idea de SPL de desarrollar una tecnología propia para la obtención del producto a partir de la reacción mencionada se reforzó al considerar que uno de los principales usos del producto es el papel, cuya producción se encuentra a cargo de SPL, y en la que sirve tanto de relleno como de recubrimiento.

La producción en el Perú de Carbonato de Calcio Precipitado permitirá sustituir las importaciones de este producto, que posee características muy singulares, que la diferencian del carbonato de calcio natural micronizada. El Carbonato de Calcio Precipitado actualmente se importa para la industria de plásticos, pastas dentífricas, tintas de imprenta, cosméticos, pintura, etc.

El efecto inmediato sería obtener un mercado para la utilización de su gas carbónico. Es así como luego de ser sometido y aprobado por ITINTEC el proyecto de investigación de Carbonato de Calcio precipitado, SPL conjuntamente con un equipo de ingenieros investigadores de la Universidad Nacional de Ingeniería decidió llevar adelante el desarrollo del proyecto.

El objetivo de este proyecto es por tanto, desarrollar la tecnología completa a nivel industrial de este proceso y estudiar su factibilidad económica.

1.2. ENTIDADES Y PERSONAS RESPONSABLES DE LA PROMOCION EJECUCION Y OPERACION DEL PROYECTO

Sociedad Paramonga Ltda. S.A. es la Empresa responsable de la promoción y ejecución de los estudios correspondientes.

ITINTEC es el Organismo Oficial que supervisa el proyecto, pues los gastos ocasionados por éste, son deducidos del 2% de Investigación Tecnológica (Ley 18350).

La Universidad Nacional de Ingeniería, es responsable de proveer los servicios necesarios ya sea servicios industriales o de personal: investigadores, asistentes y operativos.

La Unidad operativa encargada de desarrollar el Proyecto de Investigación está conformado por el siguiente personal:

Sociedad Paramonga Ltda. S.A.

Director del Proyecto Ing. Hugo Maraví E.

Coordinador Paramonga-UNI Ing. Ildefonso Salinas

Universidad Nacional de Ingeniería.-

- Investigador Asistente: Bach. Emerson Collado D.

Investigador Ejecutor: Bach. Pedro Pizarro S.

Investigador Operativo Ing. Humberto Morales

- Técnico Asistente: Sr. Gabino Barrios

- Contador: Sr. René Valdivia.

ITINTEC.-

Supervisor del ITINTEC: Dr. Emilio Ley Elías

1.3. ANTECEDENTES Y ESTUDIOS PREVIOS QUE DIERON ORIGEN A LA IDEA Y QUE SON APLICABLES.

Ya desde varios años existe en el Perú la producción de Carbonato de Calcio Natural, pero debido a que no cumple las especificaciones en su uso industrial existía una inquietud de producir el Carbonato de Calcio precipitado por varias compañías, especialmente por aquellas que producían otros tipos de carbonatos o que producían gas carbónico, tal es el caso SPL que produce car

bonato de sodio utilizando un gas carbónico proveniente de la fermentación de la melaza para producir alcohol, se decide a ensayar con Carbonato de Calcio precipitado.

II. ESTUDIO DE MERCADO

precipitados son distinguidos por uno más fino y más uniforme tamaño de partícula, un rango de tamaño de partícula más estrecha, y un más alto grado de pureza química.

El carbonato de calcio precipitado está descrito en forma de tres modificaciones: calcita, aragonita y vaterita. La calcita forma cristales incoloros, romboédricos de retículos hexagonales. La aragonita se presenta en forma de cristales incoloros, aciculares de malla reticular rómbica y octorómbica. La vaterita se precipita en forma esferoidal, sin formar cristales de bordes regulares. No se ha establecido con exactitud si la vaterita es una modificación cristalina del CaCO_3 ó si es una forma peculiar de agregación de los cristales de alta dispersión de la calcita. La tabla proporciona datos esenciales para las formas cristales calcita y aragonita.

Estos tipos de carbonato de calcio son insolubles en agua y en solventes orgánicos. Por su actividad de superficie, los grados no recubiertos son categorizados como pigmentos hidrofílicos, mientras los grados recubiertos con resinas, estearatos metálicos, o ácido esteárico son categorizados como hidrofóbicos.

Los rangos de tamaño de partícula van desde los grados de submicrón (0.03 micrones) a grados más gruesos (15 micrones). Cuanto más finas son las partículas éstasmuestran mayor grado de aglomeración, que es generalmente atribuída a las fuerzas electrostáticas desarrolladas durante la precipitación (los grados más finos de calcita muestran una mayor tendencia hacia este fenómeno de aglomeración que los tipos aragoníticos). Los de grado intermedio (0.15-0.25 micrones) muestran menos tendencia hacia la aglomeración y consecuentemente tienen mejor dispersibilidad y poder cubriente, Los grados más gruesos (hasta 15 micrones) tienen poca o ninguna tendencia de aglomeración y son comparativamente fácil de dispersar. Datos de las propiedades típicas de estos grados de carbonato de calcio precipitado son proporcionadas en la Tabla II.

El poder cubriente de los pigmentos de carbonato de calcio precipitado siguen una curva de campana con un máximo poder cubriente ocurriendo cerca a 0.15 micrones (una caída ocurre en los lados más finos y más gruesos).

Una característica distinguida del carbonato de calcio precipitado es la alta claridad y blancura de todos los tipos.

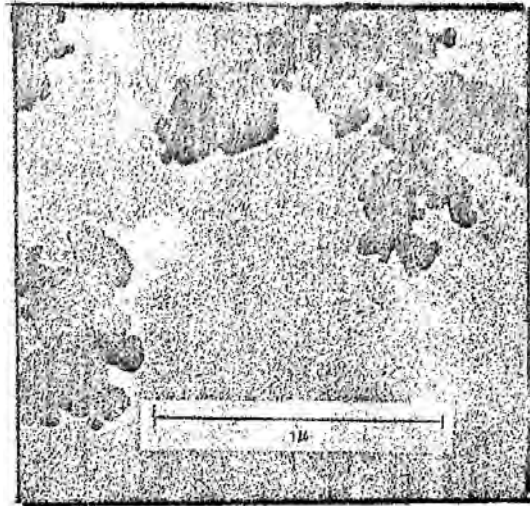


Fig. 1a. Microfotografía (37600X)
de un carbonato de calcio precipi-
tado comercial de grado Ultra-fino
(Multifex MM).

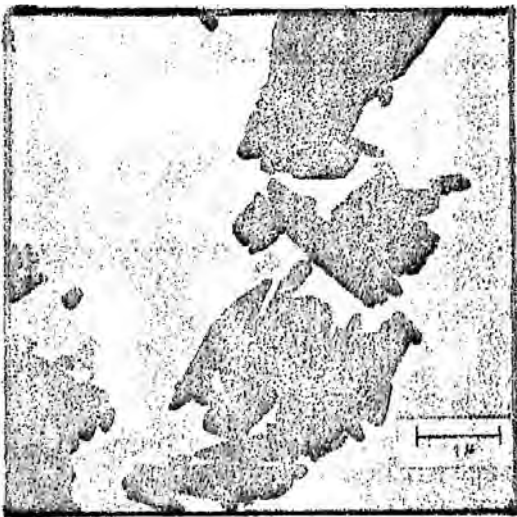


Fig. 1b. Microfotografía (9500X)
de un carbonato de calcio preci-
pitado de grado intermedio (Mi-
llical).

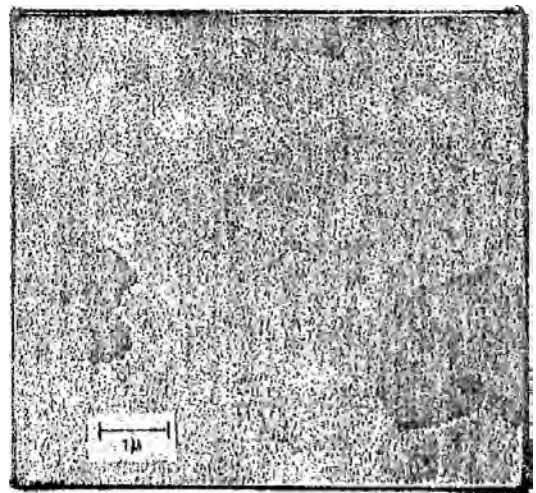


Fig. 1c. Microfotografía (8000X)
de un carbonato de calcio preci-
pitado comercial de grado grueso.
(Non-Fer-Al)

Varios grados son recubiertos superficialmente en la etapa húmeda (durante el tratamiento de la lechada o "slurry") y/o etapa seca por medios mecánicos.

Microfotografías de tres calidades comerciales correspondiente a cada uno de los tres grados de carbonato de calcio se muestran en la fig. 1. El Multiplex MM representa al carbonato de calcio precipitado de tamaño de partícula ultra-fino (fig 1). El Mili-cal, representa el grado intermedio, y el Non-Fer-Al representa al grado de tamaño de partícula gruesa.

TABLA
PROPIEDADES DE LAS DOS FORMAS CRISTALINAS DE
CARBONATO DE CALCIO

	FORMA CRISTALINA	
	CALCITA	ARAGONITA
Sistema Cristalino	HEXAGONAL	ORTOROMBICO
Densidad(gr/cm ³)	2.71	2.93
Indice de Refracción (20/D)		1.530
	α	
	β	1.681
	γ	1.685
	ε	1.436
	ω	1.658
Temperatura de Fusión (descomposición) (°C)	1339 (100atm)	(825)
Solubilidad(gr/100gr)		
Agua fría	0.0014 ^{20°C}	0.0015 ^{20°C}
Agua caliente	0.0018 ^{100°C}	0.0019 ^{100°C}

TABLA II

PROPIEDADES TÍPICAS DEL CARBONATO DE CALCIO PRECIPITADO

PROPIEDADES TÍPICAS	TIPOS DE CARBONATO DE CALCIO PRECIPITADO (No tratados superficialmente)		
	PARTICULAS GRUESAS	PARTICULAS INTERMEDIAS	PARTICULAS ULTRAFINAS
APARIENCIAS	Polvo blanco y puro	Polvo crema y ligero	Polvo blanco y puro
TAMAÑO DE PARTICULAS(micrones)			
Promedio	4.0	0.4	0.06
Rango	1.0-15.0	0.1-2.0	0.03-0.15
RETENCION EN MALLA			
Malla #325(%)	0.001	0.1	trazas
DENSIDAD			
Sólido(lb/pie ³)	165	165	165
Sólidos granel	45.0	20.0	16.0
Sólido empaquetado	81.0	44.0	35.0
ABSORCION DE ACEITE (Lb/100 lb)	28	54.0	58
Valor del pH	9.4	9.8	10.4
ANALISIS QUIMICO(%)			
CaCO ₃	99.3	98.5	98.8
MgCO ₃	0.04	0.84	0.04
SiO ₂	0.01	0.31	0.01
Fe ₂ O ₃	0.004	0.15	0.003
CaSO ₄	0.50	0.21	1.0
Al ₂ O ₃	0.02	0.19	0.02
H ₂ O(pérdida a 100°C)	0.10	0.25	0.50

El carbonato de calcio precipitado es el pigmento más extensivamente usado en el mayor número de industrias.

La Industria del plástico utiliza el pigmento de carbonato de calcio precipitado, siendo su mayor salida en el policloruro de vinilo, aunque también es usado en muchos otros tipos de resinas donde cargas o rellenos pueden ser incorporados. El carbonato de calcio precipitado formulado en el PVC, ayuda a su procesamiento y le imparte características de superficie más suaves y uniformes, junto con un menor costo del compuesto. El carbonato de calcio precipitado de tamaño de partícula ultrafino son usados en el PVC para mejorar su resistencia al estropeo y reducir su blanqueamiento en la flexión. En el PVC rígido, los grados ultrafinos generalmente mejoran la resistencia del impacto y el acabado de la superficie.

En los poliésteres reforzados, el carbonato de calcio precipitado es usado para disminuir los costos de la mezcla, para cubrir las fibras de vidrio (si es usado en las cantidades apropiadas) mejora la resistencia al impacto. Los grados recubiertos de CCP son preferidos debido a su baja absorción de aceite, excedente dispersabilidad y la habilidad para mejorar las propiedades físicas. El carbonato de calcio precipitado encuentra amplio uso en

otros plásticos termoresistentes debido a su mínimo efecto en las propiedades físicas y un menor costo por peso y por volumen.

La Industria del Caucho consume una considerable cantidad de carbonato de calcio precipitado como material de relleno, ocasionando una reducción con las propiedades numéricas de torsión, pero con una deseable reducción del costo, junto con mayor dureza, mejor retención de la forma y el color y otras propiedades deseables, los componentes de un caucho típico puede ser descrito como sigue:

Ingrediente	Partes
Caucho	100.0
Azufre	2.0
Oxido de Zinc	5.0
Acido Esteárico	3.0
Acelerador	1.5
Carbonato de calcio precipitado	50.0
hule usado, extendedores, ablandadores, antioxidantes, etc.	Como sea requerido

La industria del papel a nivel mundial es uno de los más grandes consumidores de carbonato de calcio precipitado como relleno y como recubrimiento. Por lo que es de esperarse que la Industria del Papel en el Perú represente un mercado potencial para este producto. Los

grados de partículas gruesas (sobre 4 micrones) son usados como rellenos donde un pigmento alcalino con "baja demanda de agua" es preferido. Este pigmento ocupa los espacios entre las fibras, dando una superficie más uniforme, una mayor blancura, buena característica de impresión y una mejorada capacidad. La otra gran parte de carbonato de calcio precipitado se utiliza en el papel como recubrimiento, sólo o en combinación con arcilla de caolín. En esta aplicación el carbonato de calcio precipitado da aún mayor blancura, opacidad y mejor receptividad a la tinta de impresión.

En la Industria de la Pintura, los grados no recubiertos de carbonato de calcio (2 ; 3 micrones de tamaño promedio) son ampliamente usados en las pinturas látex y alquídicas para paredes. Estos grados proveen una superficie uniforme, al igual que un buen color y lustre uniforme en el "recoat y el overlap". Su baja demanda de agua y aceite permite altos niveles de carga.

La Industria Farmacéutica es una de las principales consumidoras de este producto utilizándolo para la elaboración de pastas dentríficas, en el cual actúa como abrasivo.

Otras Industrias que utilizan el carbonato de calcio precipitado son las de tintes de Impresión de sellos y macillas, etc.

2.2. SELECCION DE LOS PAISES EN ESTUDIO

Teniendo en cuenta las consideraciones expuestas en la introducción del presente capítulo de Estudio de Mercado, el estudio está orientado para cubrir el mercado nacional y parte del Mercado Sub-Regional Andino (GRAN), incluyendo además a Chile.

2.3. SITUACION DE LAS INDUSTRIAS INSUMIDORAS DE CARBONATO DE CALCIO EN EL PERU.- GENERALIDADES

Actualmente, el producto Carbonato de Calcio Precipitado es totalmente importado por las diferentes industrias que la consumen. Entre las principales tenemos a Plásticos "El Pacífico", Cía. Industrial PERU S.A. Industrias PACOCHA, Manufacturas de Jefe S.R.L., etc. Además existen compañías que son consumidores potenciales así tenemos a las fábricas de pulpa y papel de la "SOCIEDAD PARAMONGA LTDA." que para mejorar la calidad de su papel requiere del uso del producto carbonato de calcio precipitado, tanto para relleno, como para recubrimiento del papel. Este producto no se ha produ-

cido en el país por carecer de una tecnología adecuada y económica. Por lo tanto, el objetivo del proyecto es aprovechar los buenos resultados experimentales obtenidos en el Proyecto de Investigación "Carbonato de Calcio Precipitado, realizado por "Sociedad Paramonga Ltda. S.A." para sustituir la importación que actualmente cubre el 100% de la demanda nacional.

2.3.1. SITUACIÓN EN EL PERU.- ANALISIS

2.3.1.1. Demanda histórica de Carbonato de Calcio Precipitado.-

En el Perú la demanda de carbonato de calcio precipitado está concentrada principalmente a la producción de pastas dentríficas, plásticos y caucho.

El cuadro adjunto 2.3.1.1. muestra la demanda histórica de carbonato de calcio precipitado.

Actualmente se está exportando a Ecuador un producto con el código arancelario 2842.02.31, que corresponde al carbonato de calcio precipitado. Sin embargo, este producto no se produce en el país. La explicación se halla fácilmente al conocer las compañías exportadoras (MINERA BARIBENT y MINERA AGREGADOS CALCA-REOS), las cuales sólo producen el carbonato de calcio natural. Es decir, están considerando al producto na-

CUADRO 2.3.1.1.

DEMANDA HISTORICA DE CARBONATO DE CALCIO PRECIPITADO
EN EL PERU (Importaciones)

A Ñ O	CODIGO ARANCELARIO	TMA	C I F (miles de soles)
1963	28.42.0.04	22	114
1964	28.42.0.04	27	123
1965	28.42.0.04	152	469
1966	28.42.0.04	148	522
1967	28.42.0.04	149	402
1968	28.42.0.04	90	480
1969	28.42.0.04	105	558
1970	28.42.0.04	119	636
1971	28.42.0.04	145	1,013
1972	28.42.0.04	128	860
1973	28.42.0.31	154	1,226
1974	28.42.0.31	137	1,151
1975	28.42.0.31	215	2,669
1976	28.42.0.31	199	2,423
1977	28.42.02.31	427	8,120
1978	28.42.02.31	498	13,834
1979	28.42.02.31	341*	

* Estimado a partir de la Regresión Lineal.

FUENTE: Anuario de Comercio Exterior.- OF. de Estadística del Ministerio de Comercio.

tural con el mismo código que el asignado al producto del tipo precipitado. Es necesario designar para el producto natural su propio código arancelario, con el fin de evitar confusiones.

2.3.1.2. Oferta de Carbonato de Calcio en el País

La Oferta de este producto es nula en el país, pues hasta la fecha no existe ninguna planta industrial.

2.3.2. ESTRUCTURA DEL MERCADO DE CARBONATO DE CALCIO EN EL PERU

El análisis detallado de la estructura del Mercado se obtuvo de la Oficina de Estadística de Comercio Exterior del Ministerio de Comercio, para el año de 1977.

CUADRO 2.3.2.

ESTRUCTURA DEL MERCADO AÑO 1977

		TM	IMPORTA DE	PORCENTAJE DEL TOTAL
Perú S.A.	Industrial P.E.	326	Brasil	76.3%
Industrias Pacocha S.A.	Industrial P.N.	20	Inglaterra	4.7%
Lab. ANAKOL S.A.	Industrial P.N.	10	Brasil	2.3%
Manufacturas de Jebe SRL	Industrial P.N.	10	Inglaterra	2.3%
Otros	-----	61		14.4%
TOTAL		427		100.0%

2.3.3. TASA DE CRECIMIENTO PARA PROYECTAR LA DEMANDA DE CARBONATO DE CALCIO PRECIPITADO EN EL PERU

Analizando la curva de la demanda podemos notar tres períodos de un año en los cuales la demanda aumenta en forma notoria (durante los años 71,75 y 77) especialmente en el último, en el cual la tasa de incremento anual con respecto al año anterior fue de 115%. Realizando el cálculo de la tasa compuesta anual (con relación al año 1963) se determina que para los últimos años, ésta tasa se mantiene entre el 18 y 21%, por lo que en el cuadro 2.3.1.1. proyectamos la demanda, con una tasa compuesta del 18%.

Del análisis de Regresión Lineal de la Demanda Histórica del Cuadro 2.3.1.1. se llega a la siguiente expresión.

$$TMA = 59.86 + 20.09 (\text{año}-1965)$$

Esta regresión da un coeficiente de determinación del 0.490 y un coeficiente de correlación de 0.698. Los cuales a pesar de no ser tan altos nos indican que existe una correlación razonable.

Según esta fórmula se ha obtenido la siguiente proyección hasta 1992.

CUADRO 2.3.1.1.

PROYECCIONES DE LA DEMANDA (TMA)

A Ñ O	SEGUN ANALISIS DE REGRESION	SEGUN TASA COMPUESTA HISTORICA (18%)
1980	361.2	367
1981	381.3	433
1982	401.4	511
1983	421.5	603
1984	441.6	711
1985	461.7	839
1986	481.8	990
1987	501.9	1,168
1988	522.0	1,379
1989	542.1	1,627
1990	562.2	1,918
1991	582.3	2,265
1992	602.4	2,673

2.3.4. PROYECCIONES DE DEMANDA POTENCIAL EN EL PERU

Las proyecciones se han preferido tomar en forma conservadora, utilizamos el obtenido por regresión lineal, tal como se concluyó con el punto anterior. Por tanto asumiendo que la planta entre en operación a fines de 1981, se tendría la siguiente - proyección de 10 años.

CUADRO 2.3.4.

TMA

A Ñ O	DEMANDA PROYECTADA PARA EL PERU
1981	361
1982	381.3
1983	401.4
1984	421.5
1985	441.6
1986	461.7
1987	481.8
1988	501.9
1989	522.0
1990	542.1

2.4. SITUACION DE LA INDUSTRIA DE CARBONATO DE CALCIO
PRECIPITADO EN EL GRUPO ANDINO.- GENERALIDADES

La línea carbonato de calcio en el área andina constituye un considerable factor de desarrollo en la Industria de Plásticos, del caucho, del papel, pinturas, tintes; en la de productos farmacéuticos, etc. Y solamente en Colombia se ha detectado una planta que en 1971 produjo 80 TM, teniendo una capacidad de 500 TM.

Actualmente Venezuela es el país que más destaca en consumo de carbonato de calcio precipitado siguiéndole Perú, Chile, Ecuador y Colombia. Quedando Bolivia con una demanda muy pequeña.

2.4.1. SITUACION EN EL GRAN.- ANALISIS

2.4.1.1. OFERTA Y DEMANDA HISTORICA DE CARBONATO DE CALCIO PRECIPITADO EN EL GRAN

En lo referente a Oferta, se ha detectado una Planta que en 1971 produjo 80TM, teniendo una capacidad instalada de 500 TM.

En lo referente a la demanda se muestra en el cuadro 2.4.1.1. la demanda histórica de estos países (incluido Chile).

CUADRO 2.4.1.1.

DEMANDA HISTORICA DE CARBONATO DE CALCIO PRECIPITADO EN EL GRAN (TMA)

AÑO	PAISES DEL GRAN					OTROS	TOTAL
	BOLIVIA	COLOMBIA	ECUADOR	PERU	VENEZUELA	CHILE	
1968	22	254	154	90	N.D.	631	
1969	N.D.	N.D.	N.D.	105	856	N.D.	
1970	N.D.	650	334*	119	1,036	687	
1971	54	752	496*	145	1,079	755	
1972	83	288	586*	128	1,231	N.D.	
1973	N.D.	310	653*	154	2,418	N.D.	
1974	82	426	137*	137	2,660	200	
1975	104	237	591*	215	3,161	N.D.	
1976	93	405	341*	427	6,327	N.D.	

N.D. Información no disponible

* A estas importaciones se le restó lo que correspondía al carbonato de calcio natural.

FUENTE: Oficina de Estadística del Acuerdo de Cartagena (2do. Piso del Edificio del Acuerdo de Cartagena).

2.4.2. ESTRUCTURA DE MERCADO DE CARBONATO DE CALCIO
PRECIPITADO EN EL GRAN

Información de la estructura del mercado existente para cada uno de los países del GRAN, no se ha obtenido por no estar disponibles estos datos en los centros de información del País. Sin embargo en el trabajo realizado por el Comité de Industria Química de la Sociedad de Industrias, titulado "La Industria Química en el Area Andina", se da la estructura de mercado - del Carbonato de Calcio precipitado para el año 1974. A saber:

Industria Plástica	60%
Papel	12%
Pinturas	10%
Dentríficos	5%
Otros Usos	13%
	100%

2.4.3. TASAS DE CRECIMIENTO PARA PROYECTAR LA DEMANDA
EN LOS PAISES DEL GRAN

De los datos obtenidos del Cuadro 2.4.1.1. se ha llegado a la obtención de las siguientes tasas de crecimiento anual promedio: Bolivia (26.8%); Colombia: (4.5%); Ecuador (27.5%), Perú (66.5%); Venezuela (74.1%) y Chile (6.2%). Estas tasas se han tomado entre los años 1968 y 1977, excepto venezuela que se tomó entre los años 1969 y 1977.

2.4.4. PROYECCIONES DE DEMANDA POTENCIAL DEL CARBONATO DE CALCIO PRECIPITADO EN LOS PAISES DEL GRAN

Las proyecciones se han realizado en base a la curva de regresión líneal. Siendo los resultados los siguientes:

CUADRO 2.4.4.
PROYECCIONES DE LA DEMANDA HISTORICA DE CARBONATO DE CALCIO PRECIPITADO EN EL GRUPO ANDINO, INCLUIDO CHILE (TMA)

AÑO	BOLIVIA	COLOMBIA	ECUADOR	PERU	VENEZUELA	CHILE	TOTAL
1978	96	369	697	498*	5,672	1,047	8,469
1979	102	381	740	341	6,396	1,086	9,046
1980	108	392	782	361	7,030	1,125	9,798
1981	114	404	824	381	7,664	1,165	10,552
1982	120	415	867	401	8,298	1,204	11,305
1983	126	426	909	422	8,932	1,244	12,059
1984	132	438	952	442	9,566	1,283	12,813
1985	138	449	994	462	10,200	1,323	13,566
1986	143	461	1,036	482	10,834	1,362	14,318
1987	149	472	1,079	502	11,468	1,401	15,071
1988	155	484	1,121	522	12,102	1,441	15,825
1989	161	495	1,163	542	12,736	1,480	16,577
1990	167	507	1,206	562	13,370	1,520	17,332
1991	173	518	1,248	582	14,004	1,559	18,084
1992	179	530	1,290	602	14,638	1,599	18,838

* Dato histórico.

Las Ecuaciones de regresión utilizadas son las siguientes:

Bolivia:	$TMA = 5.89(\text{Año}-1968) + 37.45$ Coeficiente de Correlación: 62.5%
Colombia:	$TMA = 11.46(\text{Año}-1968)+254.61$ Coeficiente de Correlación: 44.4%
Ecuador:	$TMA = 42.37(\text{Año}-1968) + 273.64$ Coeficiente de Correlación: 44.4%
Perú:	$TMA = 20.09(\text{Año}-1965) + 59.86$ Coeficiente de Correlación: 69.8%
Venezuela:	$TMA = 634(\text{Año}-1968) -578.33$ Coeficiente de Correlación: 93.3%
Chile	$TMA = 39.43(\text{Año}-1968) + 652.3$ Coeficiente de Correlación: 93.3%

2.5. ANALISIS DEL ESTUDIO DE MERCADO DE CARBONATO DE CALCIO EN LOS PAISES DEL GRAN

2.5.1. ESTRUCTURA DE MERCADO DE CARBONATO DE CALCIO PRECIPITADO

Consideraremos la estructura mostrada en el acápite 2.4.2. Por comparación de estos datos con los del acápite 2.3.2., podemos ver la diferencia que existe entre la estructura del Mercado del Carbonato de Calcio precipitado en el Perú y en el Grupo Andino en general. Estando el mercado en este último orientado más

a la Industria Plástica (Petroquímica final), y teniendo como representante principal a Venezuela. Esto pues indica un campo de aplicación del Carbonato de Calcio precipitado, en el cual el Perú deberá desarrollarse más.

2.5.2. POTENCIAL DE VENTAS

El Potencial de Ventas que se ha adoptado está basado en las proyecciones obtenidas en el cuadro 2.4.4., con los datos calculados según el análisis de Regresión Lineal. Este resultado es conservador, pues mediante el análisis de tasa compuesta resultarían valores mayores tal como se muestra en el caso del Perú (Ver Acápite 2.3.3.)

2.5.3. RESUMEN COMPARATIVO DEL MERCADO POTENCIAL PARA CADA PAIS

2.5.3.1. GRAN (incluido Chile), Análisis

El análisis individual del mercado de cada país es bastante claro a partir de las cifras mostradas en el cuadro 2.4.4.

A. Estructura del Potencial de Ventas Adoptado

Considerando que la producción empieza a fines de 1981 se ha estructurado el potencial de Ventas siguiendo para los 10 años del Proyecto.

CUADRO 2.5.3.1.A.

ESTRUCTURA DEL POTENCIAL DE VENTAS ADOPTADO

A Ñ O	BOLIVIA		COLOMBIA		ECUADOR		PERU		VENEZUELA		CHILE		TOTAL	
	TMA	%	TMA	%	TMA	%	TMA	%	TMA	%	TMA	%	TMA	%
1982	120		415		867		401		8,298		1,204		11,305	
1983	126		426		909		422		8,932		1,244		12,059	
1984	132		438		952		442		9,566		1,283		12,813	
1985	138		449		994		462		10,200		1,323		13,566	
1986	143		461		1,036		482		10,834		1,362		14,318	
1987	149		472		1,079		502		11,468		1,401		15,071	
1988	155		484		1,121		522		12,102		1,441		15,825	
1989	161		495		1,163		542		12,736		1,480		16,577	
1990	167	1.0	507	2.9	1,206	7.0	562	3.2	13,370	77.1	1,520	8.8	17,332	100
1991	173	1.0	518	2.9	1,248	7.0	582	3.2	14,004	77.1	1,559	8.8	18,084	
TOTAL	1464		4,665		10,575		4,919		111,510		13,817		146,950	100

B. VENTAS DEL PERU Y SU SITUACION EN EL GRAN

Del cuadro 2.5.3.1.A. mostrado, podemos deducir que Venezuela posee el mayor porcentaje del Mercado, representando el 77.1% del Mercado Potencial Total. Le siguen Chile y Ecuador representando el 8.8 y 7.0% respectivamente. Luego continúan el Perú con el 3.2%, Colombia con el 2.9% y finalmente Bolivia con el 1%.

Por tanto para 1982 se tendría un mercado total de carbonato de Calcio precipitado de 11,305TMA.

2.6. PRECIO DEL CARBONATO DE CALCIO PRECIPITADO

2.6.1. PRECIOS HISTORICOS

El carbonato de calcio precipitado varía en general con el tamaño de partícula del producto (a grados más finos mayor es su valor). También influye en el precio de pureza química y la presencia de un agente de recubrimiento. Es decir, varía los precios de acuerdo al tipo de Industria que la consume ya que cada industria requiere un carbonato de calcio precipitado específico. Estando nuestro producto orientado a la Industria de los Plásticos, y siendo ésta la que lo consume en un 60%, podemos en general obtener un valor del precio promedio considerando el monto total de

importación y la cantidad total importada de este producto.

Teniendo en cuenta lo anterior se muestran los precios históricos del carbonato de calcio precipitado de 1970 a 1979 para el Perú y Venezuela.

CUADRO 2.6.1.A

PRECIO DE IMPORTACIONES F.O.B. EN EL PERU Y
VENEZUELA (HISTORICOS)

A Ñ O	PERU		VENEZUELA	
	F.O.B. (\$/TM)	FLETES (\$/TM)	F.O.B. (\$/TM)	FLETES (\$/TM)
1970	103		113	17
1971	134		113	17
1972	129		86	13
1973	153		92	14
1974	162		108	16
1975	170		131	20
1976	182	31	135	20
1977	163	27	144	22
1978	185	35	154	23
1979	180	36	162	24

Según el cuadro adjunto, se aprecia que el precio (F.O.B.) del carbonato de calcio precipitado, considerando al Perú ha tenido oscilaciones en estos últimos años. En cambio en Venezuela aumen

ta gradualmente. Por lo que tomaremos para nuestro estudio 180 y 170 \$/TM, para el Perú y Venezuela, respectivamente.

A continuación se muestra un desagregado del precio total que tienen que pagar los importadores de carbonato de calcio precipitado para tener el producto puesto en fábrica.

CUADRO 2.6.1.C.

COSTO DE CARBONATO DE CALCIO PRECIPITADO
PUESTO EN PLANTA(\$/TM)

	PERU	VENEZUELA	CHILE	ECUADOR
A. F.O.B.	180	170	180 ⁽¹⁾	180 ⁽¹⁾
B. FLETE(20% F.O.B.)	36	26	36	36
C. C&F	216	196	216	216
D. SEGURO(1.25%C&F)	3	3	3	3
E. CIF	219	199	219	219
F. DERECHO AD VALOREN CIF (DL22619)δ AEMC25%CIF	54.7	50.0	131.4 ⁽²⁾	54.7
G. IMPUESTO(DL.22173 pro- rrogado p.DL22376)10% Ad Valoren CIF	5.5			
H. IMPUESTO(DL.22342)1% Ad Valorem CIF	0.5			
I. IMPUESTO A BIENES Y SERVICIOS(DL21497) (6% CIF ADUANERO)	13.0	13.0	13.0	13.0
J. IMPUESTO(DL.22202) 10% fletes	3.6			
K. COMISIONES AGENTE DE ADUANA(8%derecho ad Valorem CIF)	4.4	4.4	4.4	4.4
L. DOCUMENTACION	1	1	1	1
M. TRANSPORTE	5	5	5	5
	<u>306.7</u>	<u>272.6</u>	<u>373.8</u>	<u>297.1</u>

- (1) Estamos considerando similar precio F.O.B. que el de Perú
- (2) El Arancel Nacional de Chile es de 60% CIF.

Por lo tanto el costo del producto carbonato de calcio precipitado puesto en fábrica dependerá de cada país, según se anote en el cuadro anterior.

Con el fin de establecer el precio de venta en planta peruana del producto de tal forma que sea competitivo, tenemos que considerar los diferentes aranceles interandinos y consumos existentes.

En el siguiente cuadro indicamos los precios del producto en planta peruana (valor FOB) para que su valor total puesto en la fábrica de los países importadores, sea igual al del valor total del producto importado de terceros países, valor que fue dado para cada país en el cuadro 2.6.1.C.

CUADRO 2.6.1.D

PRECIO EN PLANTA PERUANA (\$/TM)

	PERU	VENEZUELA Antes de 1984 / Después de 1984	CHILE	ECUADOR
Precio en Planta FOB	283.7	201.1/211.2	220	222.6
Flete	0.0	30.2/31.7	44	44.5
C&F	283.7	231.3/242.9	264	267.1
Seguro		3.3/ 3.3	3.3	3.3
CIF		234.5/246.2	267.3	270.4
Derecho ad Valorem	0.0	11.7/ 0.0 ⁽²⁾	80.1 ⁽¹⁾	0.0 ⁽¹⁾
Impuesto(DL 22376)				
Impuesto(DL 22342)				
Impuesto(DL 22202)				
Impuesto(DL 21497)	17.0	16.0/10.0	16.0	16.3
Comisión		4.4/ 4.4	4.4	4.4
Documentación	1.0	1.0/1.0	1.0	1.0
Transporte	5.0	5.0/ 5.0	5.0	5.0
	306.7	272.6	373.8	297.1

(1) De acuerdo a una de las concesiones de la ALALC, los gravámenes que Chile y Ecuador impondrán a las importaciones provenientes del Perú serán de 30 y 0% respectivamente.

(2) Venezuela posee un arancel interandino de 5%, que desaparecerá el 31 de Diciembre de 1983.

Por lo tanto los precios del producto en Planta Peruana en \$/TM serán:

P A I S	PRECIOS DE PLANTA DEL CARBONATO DE CALCIO PRECIPITADO \$/TM
PERU	283.7
VENEZUELA	201.1/211.2 (Antes de 1984/Des- pués de 1984)
CHILE	220.0
ECUADOR	222.6

III. TAMAÑO Y LOCALIZACION DE PLANTA

CAPITULO III

TAMAÑO Y LOCALIZACION DE PLANTA

3.1. TAMAÑO DE PLANTA

El tamaño de planta se determina principalmente por su relación con el mercado que se intenta cubrir, así como por el tamaño mínimo económico permisible, de acuerdo a la Tecnología respectiva y a las condiciones del medio.

A continuación se presenta un análisis de estos factores para sustentar el tamaño de la planta para el proyecto.

3.1.1. TAMAÑO DE LA PLANTA vs TAMAÑO DEL MERCADO

En base de las cifras estimadas en el estudio de mercado, el proyecto estaría dirigido a satisfacer una demanda de 13,000 TMA para el GRAN. No obstante, se está considerando como estrategia inicial la introducción del producto en el Mercado Nacional en una primera etapa y luego entrar a exportar posteriormente al GRAN y Chile. Esto significaría dos etapas de inversión.

Primera Etapa.- Construir la planta con una infraestructura suficiente para cubrir la máxima capacidad de producción que es de 13,000 TMA, pero con los equipos mínimos suficientes para producir el nivel nacional que sería alrededor de las 5,000 TMA.

Segunda Etapa.- Consistirá en realizar la ampliación de la Planta a su máxima capacidad de diseño, 13,000 TMA. A los 18 meses del arranque inicial.

3.1.2. TAMAÑO DE LA PLANTA EN RELACION A LA TECNOLOGIA

Desde el punto de vista tecnológico el tamaño de la planta está determinado por la capacidad mínima económica. Dicha capacidad depende fundamentalmente del reactor de carbonatación.

Por lo que se conoce a nivel mundial, las capacidades de las plantas son variables y dependen en gran parte de la evolución económica del proyecto según condiciones muy particulares del medio.

Uno de los factores que limita el diseño de un módulo mínimo de la planta es el reactor, se han realizado varias pruebas y ensayos, así como cálculos estequiométricos.

métricos y por las condiciones dadas de este, el reactor modular debe estar alrededor de 15m^3 para una producción.

Se estima que la resistencia a los diferentes esfuerzos a que está sometido este reactor es bastante buena en un reactor de estas dimensiones.

En resumen, la producción de carbonato de calcio precipitado puede darse técnicamente a niveles pequeños de escala dependiendo exclusivamente del diseño del reactor. La determinación de este mínimo tamaño es dado por conclusiones económicas (% de fabricación nacional, equipos estandar, estructura de servicios ya existentes, etc.)

3.1.3. TAMAÑO DE PLANTA vs. DISPONIBILIDAD DE MATERIAS PRIMAS

Para este proyecto en particular, es indudable que la amplia garantía de poseer yacimientos de caliza para proveer la cal apagada suficientes y necesarias para mantener un suministro seguro a la planta proyectada es un factor muy importante de tenerse en cuen-

Este proyecto se basa en la declaración de algunos poseedores de este mineral como es La Oroya, en el Centro del País, Trujillo, Arequipa, etc. Existen yacimientos suficientes para cubrir las necesidades del proyecto. Si así lo fuera para el Mercado Nacional, sería necesario aproximadamente 5,000 TMA y a nivel del GRAN se requerirían 143,000 TM de cal apagada para los 10 años de vida útil del proyecto.

3.1.4. CONCLUSION SOBRE EL TAMAÑO DE LA PLANTA

Teniendo en consideración los factores expuestos sobre el tamaño del mercado y razones tecnológicas, se ha llegado a la conclusión de que la capacidad de la planta debe ser de 13,000 TMA.

3.3. LOCALIZACION DE PLANTA

La ubicación de la planta dependerá en gran medida de la influencia que pueda tener el costo de fletes de transporte tanto de materias primas como de los productos.

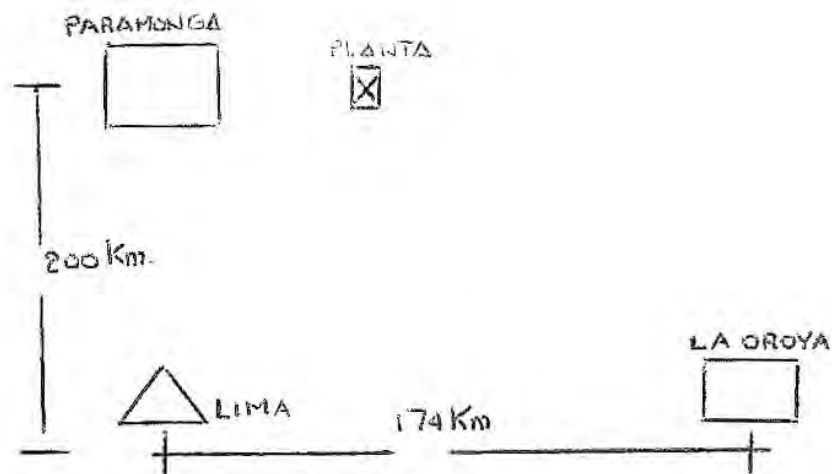
Es por este motivo que la construcción se profundizará en este aspecto de fletes y su impacto en el costo del producto.

3.2.1. DISPONIBILIDAD DE MATERIAS PRIMAS

La disponibilidad de la materia prima en lo referente a la cal apagada existe en la Oroya y en Lima, teniéndose conocimiento que en Arequipa, Trujillo también existen yacimientos de caliza que procesada nos dá la cal apagada.

Las pruebas realizadas en el Proyecto de Investigación de CCP en una planta piloto han sido realizadas con muestras provenientes de La Oroya y Lima, no obstante que existen también en otros lugares ya mencionados, se piensa que el estudio de la ubicación de la planta debe hacerse en función de estos centros de abastecimiento mencionados.

En el siguiente gráfico se muestra la ubicación de los Centros abastecedores y la posible ubicación de LA PLANTA:



En el gráfico podemos darnos cuenta que para llevar la cal apagada de La Oroya a la Planta se deben recorrer 374Km y de Lima 200 Km. Si la Planta se localizara en la Oroya se gastaría fletes para llevar el gas carbónico (requiere de transporte especial y de alto costo). Si se localizara la planta en Paramonga se gastarían fletes menores tanto para llevar la cal apagada de Lima como de La Oroya, ya que se requiere de un transporte menos sofisticado.

Si la planta se localizara en Lima se gastaría también en fletes para traer el gas carbónico de Paramonga así como de La Oroya, considerando que en Lima sólo es un distribuidor de la cal apagada y/o en otros casos se realiza el apagado de la cal viva proveniente de La Oroya (Cal de Luren, Hidrocal).

Por tanto, se deduce que el lugar óptimo de Localización según costo de fletes, sería Paramonga, teniéndose un recargo a cuenta del comprador de 900 soles/TM.

Podemos concluir por tanto que el lugar más apropiado debe ser alrededor del Centro Habitacional de Paramonga. No obstante, debemos recordar que instalar

la planta más al norte (30km), fuera del Dpto. de Lima, permitiría gozar de beneficios tributarios de descentralización que señala la Ley de Industrias (18350).

RESUMEN DE LA DISPONIBILIDAD DE MATERIAS PRIMAS

MATERIA PRIMA	PROCEDENCIA	REQUERIMIENTOS PLANTA 13,000 TMA de PRODUCTO
Cal Apagada	La Oroya-Lima	11,787 TMA
Gas Carbónico	Paramonga	5,395 TMA

3.2.2. SERVICIOS INDUSTRIALES

SERVICIOS INDUSTRIALES	PROCEDENCIA	REQUERIMIENTOS PLANTA DE 13,000 TMA DE PRODUCTO
Agua de digregación	La misma planta	141,440 TMA
Agua de Lavado	la misma planta	91,000 TMA
Energía Eléctrica	la misma planta	
Otros Suministros	la misma planta	

3.2.3. DISPONIBILIDAD DE MANO DE OBRA

Los requerimientos para el Proyecto de Mano de Obra, son de mediana y baja calificación y la zona (alrededor de Hda. Paramonga) podría proveer el recurso.

El total del personal requerido se ha calculado en 27 personas (ver ítem 4.2.5.2.H) para una producción de 13,000 TMA pudiendo ser menos si la planta o-

para al inicio de los primeros años con una tercera parte de su capacidad.

3.2.4. DISTANCIA A LOS CENTROS DE CONSUMO

De acuerdo a la demanda del Mercado para el uso del Carbonato de Calcio precipitado por las Industrias se estima que Lima posee más del 90% del Mercado así como también tienen el Puerto del Callao para su embarque a los diferentes países del GRAN y Chile en su exportación.

3.2.5. MEDIOS DE TRANSPORTE

Marítimos

Para el efecto de exportación podría ser uno de los indicados (Venezuela, Colombia).

Aéreos

No es recomendable por el alto costo.

Terrestre

Es la forma más factible de llevar el producto. Aún en el caso de exportación se debería considerar esta alternativa (Ecuador, Chile, Bolivia).

3.2.6. AREA Y DISPONIBILIDAD DE TERRENO

Se estima que para una capacidad de 13,000 TMA se necesitará un área de 5,000 m²,

3.2.7. CONDICIONES CLIMATICAS Y AMBIENTALES

El clima es templado, característica de la zona costera. Se tendrá especial cuidado con la dirección del viento por la presencia de gases de HCL provenientes de plantas aleatorias y que dan un medio de fuerte corrosión.

3.2.8. EQUIPAMIENTO URBANO

Existen cerca a la ubicación de la planta poblaciones o anexos cercanos de cultivos de caña con poblaciones establecidas y que podrían fácilmente dar alojamiento, cuando fuese personal no estable. En todo caso existe la localidad de Barranca a 30 minutos de viaje.

3.2.9. POLITICA DE DESCENTRALIZACION INDUSTRIAL Y OTROS INCREMENTOS

Al ubicarse la planta fuera del departamento de Lima (Límite de Ancash y Lima), el proyecto gozaría de los beneficios de descentralización.

Las empresas incentivadas por industrialización y descentralización sólo pagarán los siguientes porcentajes de arancel:

PRIORIDAD	LIMA Y CALLAO(1)	EMPRESAS DESCENTRALIZADAS(2)
P rimera	10%	5%
Segunda	30%	15%
Tercera	60%	30%
No Prioritaria	100%	50%

(1) DL. 18350 art. 9.1.a

(2) DL. 18977 145. 8

Todas las importaciones pagarán 4% sobre flete de mar de Ley N°11537 y 13836.

Las empresas de 1°, y 2° y 3° prioridad descentralizadas están exoneradas de inmuebles (DL.18977, Art. 15).

En lo referente a incentivos para financiamiento tenemos que para empresas descentralizadas no públicas de 2da. prioridad se tienen los siguientes incentivos.

	TASA DE INTERES	PLAZO DE GRACIA	PLAZO TOTAL MAXIMO
ACTIVO FIJO	15%	4 años	10 años
CAPITAL DE TRABAJO	17%	1 año	5 años

CERTEX

Para formular las exportaciones de productos no tradicionales, el D.S. 227-68-HC en su artículo 1° se señala de preferente interés nacional la exportación de productos manufacturados no tradicionales para un período de 15 años (hasta 1983) los incentivos son:

- Exoneración de impuesto a la exportación
- Devolución de impuesto de timbres (ventas,

COMPRA DE INSUMOS.-

ARANCELES DE IMPORTACION.= Las empresas incentivadas por industrialización, descentralización sólo pagarán los siguientes porcentajes de arancel.

PRIORIDAD	LIMA y CALLAO(1)	EMPRESAS DESCENTRALIZADAS(2)
Primera	20%	15%
Segunda	50%	37.5%
Tercera	80%	60%
No Prioritarias	100%	75%

1) DL. 18350 art. 9.1.a

2) DL. 10977 art. 8

IV. INGENIERIA DEL PROYECTO

CAPITULO IV

INGENIERIA DEL PROYECTO

ESTUDIOS PREVIOS

4.1.1. ESTUDIOS EXPLORATORIOS, RECONOCIMIENTO E INVENTARIO DE RECURSOS NATURALES

Debido a que el Carbonato de Calcio Natural existe en grandes proporciones en todo nuestro extenso territorio, y los hay de alta pureza no han habido estudios tendientes a producir el Carbonato de Calcio - precipitado, sólo existe un perfil del Ministerio de Industria de producir el CCP en el departamento de Tacna a sabiendas de que en tal lugar existen yacimientos de caliza.

El reconocimiento e inventario de los recursos naturales incluye la identificación de las materias primas principales para la producción de CCP. El mineral caliza existe en diversas zonas del país, según el Ministerio de Energía y Minas están registrados los yacimientos de Cerro de Pasco, Cañete, Trujillo, Tacna, Arequipa. Sin embargo, se cree que existen yacimientos en otras zonas aún no exploradas, la otra materia prima, el CO₂ es un producto excedente en diversas industrias -

químicas como producto de los gases de combustión que aparte de ser contaminante del medio ambiente puede servir como producto para producir CO_2 por los métodos comunes que son absorción con la MEA (Monoetanolamina) ó la DEA (Dietanolamina).

4.1.2. INVESTIGACIONES TECNOLOGICAS.- EXPERIENCIAS Y PRUEBAS

Diversas investigaciones tecnológicas, experiencias y pruebas se han llevado a cabo para dar bases al proyecto de Carbonato de Calcio Precipitado.

Todas las experiencias y pruebas están resumidas en la serie de anexos que se adjunta a esta tesis.

Sociedad Paramonga Ltda. S.A. hasta la fecha se ha presentado a ITINTEC 3 informes técnicos del Proyecto que duró un año, donde se detalla las conclusiones y resultados obtenidos a lo largo de todo el período de investigación.

4.2. PROCESO DE FABRICACION

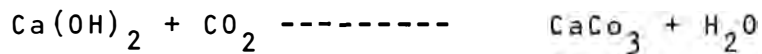
4.2.1. PRESENTACION Y ANALISIS DE ALTERNATIVAS Y
ELECCION DE LAS MISMAS.

El carbonato de calcio precipitado puede obtenerse por varios caminos que se mencionan a continuación:

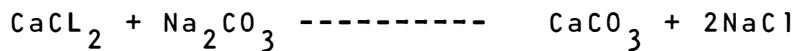
1) Cal y Carbonato de Sodio:



2) Hidróxido de Calcio y Dióxido de Carbono:



3) Cloruro de Calcio y Carbonato de Sodio



De las tres alternativas más comunes se escogió la segunda por los motivos explicados en el inciso 1.1.

El proceso de obtener Carbonato de Calcio Precipitado en la investigación conduce a varias alternativas para el proceso en general y es el siguiente:

La materia prima hidróxido de calcio debe ser purificada para eliminar sílice u otras partículas -

pesadas, la purificación se realiza primero por sedimentación por gravedad sin usar defloculante y segundo por tamizado en húmedo, estas dos purificaciones conducen a separar la sílice que es una impureza que afecta la utilización del CCP en sus diversos usos. Luego - que la cal apagada ha sido purificada es sometida a carbonatación en el reactor, al cual también se añade el gas carbónico. Realizada la carbonatación el producto CCP es lavado con el fin de eliminar $Mg(OH)_2$, $Ca(OH)_2$ (no reaccionado). La siguiente etapa consiste en concentrar el CCP con el fin de secarlo posteriormente. La primera concentración se realiza por decantación, - del cual se elimina un % de humedad, luego es reducida la humedad por la operación de filtrado en un filtro prensa para finalmente ser secada en secadores tipos de spray-dryer, flash-dryer, etc. que sirven para secar - sólidos en suspensión.

Las figuras del 1 al 6 presentan las diversas alternativas con que se puede producir carbonato de calcio precipitado por carbonatación (ver anexo 4.2.1.)

A continuación se muestra el análisis de las alternativas estudiadas, el cual consiste en comparar las ventajas y desventajas de cada fase presente en

el proceso productivo, como puede notarse existen fases que se presentan en varias alternativas.

a) PURIFICACION DE LA MATERIA PRIMA

La cal apagada proveniente de los centros mineros donde la obtienen a partir de la calcinación del carbonato de calcio natural y posterior hidratación contienen impurezas como sílice, hidróxido de magnesio, óxido de fierro y u otras impurezas no comunes de la cal que deben ser eliminadas hasta un rango para que el producto cumpla las especificaciones de su uso.

La cal apagada expedita a carbonatación debe tener las siguientes características de composición

Porcentaje en peso:

	%
Ca(OH)_2	90-92
$\text{CaCO}_3(\text{natural})$	5-7
SiO_2	0.02
Fe_2O_3	0.08

Para llegar a esta composición se realizan purificaciones por las operaciones de sedimentación y tamizado en húmedo. La eficiencia en el proceso de la tecnología involucra tener ciertas consideraciones de la cal apagada, ésta proveniente de los centros que la expenden debe tener un 93% (ó más

de hidróxido de calcio y además pasar la malla de 90 micrones, en su estado de polvo seco no más del 0.5% de humedad.

La otra materia prima que es el gas carbónico proveniente de Paramonga tiene un alto porcentaje de pureza (98%) por lo cual no es necesario su purificación.

En otros casos de utilizar el gas carbónico proveniente de la combustión de un derivado del petróleo involucra su tratamiento por los procesos ya conocidos como tratamiento con la MEA (Monoetanolamina) o la DEA (dietanolamina). Dicho proceso es materia de otros estudios que involucran nueva inversión tanto para la investigación (tecnología propia) como para su puesta en marcha a nivel industrial, o en cambio comprar el gas carbónico de plantas industriales que la producen (liquid carbonic S.A.).

b) CARBONATACION

El proceso consiste en reaccionar el hidróxido de calcio con el gas carbónico en un medio acuoso. Previamente se debe comprobar las especificacio -

nes de las materias primas. La reacción se lleva a cabo en un reactor semibatch de tanque agitado.

La reacción es exotérmica y según la cinética de la reacción la velocidad de la misma se favorece a temperaturas bajas, por lo cual el reactor debe tener una chaqueta de enfriamiento el cual se realiza con agua de enfriamiento.

El gas es inyectado al reactor a través de un anillo circular con agujeros de distribución. La cal apagada a una determinada concentración es añadida al reactor.

La reacción procede hasta la completa carbonatación de la cal apagada el cual se determina por el PH de la reacción o el indicador de fenoltaleína que a la presencia de hidróxido de calcio se torna roja y a la presencia del carbonato de calcio se torna incoloro.

Con respecto al tiempo de reacción es dependiente de las condiciones de operación y diseño del reactor, con respecto a la temperatura de reacción esta se mantiene en un rango dependiente del balance de energía calorífica para el diseño de la chaqueta de enfriamiento, la presión del sistema es al medio ambiente es decir, el reactor es abierto

a la atmósfera por lo cual se preve que existe un gran porcentaje de gas carbónico de pérdida, este porcentaje es bajo teniendo en cuenta su reacción con la cal y la pequeña solubilidad en el agua.

	peso	
Ca(OH) ₂	Trazas	
CaCO ₃	99.35	MgCO ₃ 0.10
SiO ₂	0.02	H ₂ O(105°C) 0.50
Fe ₂ O ₃	0.04	

c) PURIFICACION DEL PRODUCTO

El carbonato de calcio precipitado contiene CO(OH)₂ (que no ha reaccionado) CO₃Mg, partículas gruesas, por lo cual es necesario llevarlo a un tratamiento es el lavado para remover el Ca(OH)₂,CO₃Mg que por la solubilidad en el agua se desprende de la suspensión de CaCO₃. Este lavado se realiza con agua blanda por 2 o 3 veces de cantando el agua residual.

Un segundo tratamiento de purificación es el sedimentado por gravedad, esta operación se ve facilitada en comparación del sedimentado del Ca(OH)₂ porque el Carbonato de Calcio precipitado tiene partículas del orden del micrón y por diferencia

de densidades, u otras partículas gruesas todavía presentes pueden eliminarse.

d) CONCENTRACION DEL PRODUCTO

El carbonato de calcio precipitado purificado es llevado a una concentración adecuada acorde con el posterior secado. Esta concentración se lleva a cabo por la operación de sedimentación por gravedad decantando el agua a la concentración que se quiera tener, la decantación del agua se realiza por las salidas laterales del tanque purificado o por sifón.

e) FILTRACION DEL PRODUCTO

Esta operación de concentrar más el carbonato de calcio precipitado solamente se lleva a cabo si el producto va a ser secado en un horno rotatorio o en un flash-dryer que requiere una concentración de carbonato más alta que la obtenida por simple decantación. La filtración se realiza en un filtro prensa de placas y marcos, la presión requerida por el sistema lo da una bomba centrífuga tipo turbina con álabes en forma de cuchara especial para bombear suspensiones sólidas; las tortas deberán

ser luego troceadas y posteriormente llevadas a un horno rotatorio con el fin de secarlas

f) SECADO

El secado del producto carbonato de calcio precipitado se puede realizar por varios caminos, uno es secarlo en el horno rotatorio para el cual debe ser previamente filtrado y troceado, luego que el producto es secado en el horno deberá ser pulverizado en un molino de bolas, es decir, el producto final del horno necesitará 3 operaciones para llegar el producto requerido. El tiempo de secado en el horno necesitará como mínimo 10 horas. El segundo método de secado es el que se lleva a cabo en el secador flash-dryer especialmente acondicionado para secar suspensiones sólidas, para secarlo en este equipo sólo basta con concentrar el carbonato a las condiciones de operación del equipo y el tiempo de secado es casi inmediato. El tercer método de secado es secarlo en el spray-dryer, parecido el método anterior con la diferencia que en el spray el carbonato se atomiza al ser centrifugado la suspensión en un rotor que gire a 15,000 rpm aproximadamente, el tiempo de secado

también es instantáneo y está lista para su almacenamiento.

Como se dijo anteriormente el producto final del horno, necesita de otras operaciones para llegar al producto finalmente utilizado en los diversos usos de su comercialización, como son la molienda y la clasificación de las partículas logradas.

En base al análisis hecho anteriormente y a la observación de las alternativas presentadas en las figuras del 1 al 6 se ha seleccionado la figura - N°1 que aparece en hoja aparte.

Las Ventajas son las siguientes:

1. El tiempo de Operación total desde la alimentación hasta el producto final es menor que las otras alternativas.
2. La purificación de la materia prima cal apagada se ve optimizada por dos operaciones de purificación que son la sedimentación agitada levemente tamizada en húmedo.
3. Se eliminan operaciones presentes en las otras alternativas, como troceado, molienda y clasificación de partículas.

4. Se reduce la cantidad de equipos que deberán ser importadas.
5. El área de trabajo también será menor que en las otras alternativas.
6. Se puede obtener un producto exento de contaminación, fácil de embolsar, almacenar y transportar.
7. Se minimiza las pérdidas de material, por procesos, evitando al máximo las recirculaciones.
8. Se minimiza los costos de mantenimiento y de equipos.

4.2.2. PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE CADA UNA DE LAS FASES POR CADA PROCESO PRODUCTIVO

Para la producción de Carbonato de Calcio Precipitado se presentaron alternativas de producción, cuyo análisis se llevo a cabo en el item 4.2.1.

Todos estos procesos de producción se han resumido en 7 fases comunes de estos procesos, luego el desarrollo del presente item se reducirá a explicar las características de cada una de las 7 fases presentadas, dándose por entendido el análisis por cada proceso productivo.

1. MEZCLADOR

En esta fase se considera todo lo referente a llevar la materia prima (cal apagada) del almacén o lugar donde se encuentre hasta los tanques sedimentadores o mezcladores.

Dadas las características de la cal apagada (polvo de partículas finas) se pueden usar fajas transportadoras para llevarlo hasta un poco más del borde de los tanques de donde se alimenta mediante un distribuidor mecánico, la cantidad necesaria de material por batch. Previamente, la cantidad de cal se pesa y conociendo el dato del volumen desplazado por el sólido se puede preparar una concentración adecuada de lechada de cal, primero calibrando el tanque para agregar la cantidad de agua necesaria.

2. SEDIMENTADOR

Durante esta fase, se transforma el sólido en un lodo uniforme, necesitando para tal efecto un equipo de agitación. Esta operación consiste en agitar lentamente la suspensión y dejarla sedimentar, las partículas gruesas así como la sílice primero se depositan en el fondo del tanque.

En esta operación no es necesario el uso de defloculante por la dispensión que existe de la diferencia de densidades de los componentes.

El uso del floculante tampoco se da en este caso como para flocular la sílice porque simplemente por gravedad se realiza la separación de impurezas.

El tanque sedimentador debe tener una forma cónica en su base para ayudar a sedimentar las partículas.

3. TAMIZADOR

Esta operación se realiza en húmedo en un equipo especial que deja pasar las partículas del producto y separar las impurezas. La malla # 400 que es la más fina que se vende en el mercado es la adecuada. Con esta operación se separan partículas gruesas y sílice de partículas gruesas. El inconveniente que existen sílice de partículas finas que pueden pasar dicha malla y contaminar la materia prima, pero es una operación instantánea como para seleccionar tamaño de partículas y de paso separar impurezas. Esta operación se realiza a presión, dada por una bomba especial para bom -

bea sólidos en suspensión y el producto tamizado es enviado directamente al reactor para su carbonatación.

4. CARBONATACIÓN

Esta es la etapa más importante, porque en ella se obtiene el Carbonato de Calcio precipitado. La cal apagada ya purificada según especificaciones es sometida a carbonatación con gas carbónico de alta pureza. La cal apagada es enviada al reactor con bomba pudiendo pasar a través del tamizador o directamente del purificador, esto según requerimientos de la fase de purificación. El gas carbónico proveniente del tanque de almacenamiento es enviado al reactor por la parte inferior a través de unos agujeros distribuidos en un anillo circular, la razón de esta característica es de dispensar homogéneamente el gas carbónico en toda el área transversal del reactor, además de permitir la presencia de pequeñas burbujas del gas para un mejor contacto con la cal apagada, esto teniendo en cuenta de la poca solubilidad del gas en el agua y así evitar las pérdidas del gas.

Procedida la reacción se va controlando el ph de él para comprobar la presencia de Carbonato de Calcio, esto en operación se analiza con fenoltaleína que a un viraje de rojo a incoloro indica la presencia de Carbonato de Calcio.

Con la finalidad de disminuir el tiempo de reacción, se somete la reacción a un enfriamiento con agua, esto se consigue al hacer fluir el agua a través de la chaqueta del reactor, otra razón de mantener temperaturas bajas es para conseguir partículas finas de Carbonato de Calcio. En realidad nosotros podemos obtener diversas especificaciones de carbonato de calcio según normas que la obligan a su uso, ésto se consigue haciendo variar las siguientes variables de operación:

- a) Temperatura de la reacción
- b) Concentración de la lechada de cal
- c) Grado de agitación del reactor (incluye tipo de agitador)
- 4) Flujo de gas carbónico.

Todas estas alternativas de variar las condiciones de operación se realizaron en un reactor de pequeña escala deduciéndose ya las múltiples combinacio

nes que se realizaron sólo con la finalidad de conseguir las variables de operación o parámetros que condujeron a la tecnología.

5. CLASIFICACION DE PARTICULAS

Esta operación sólo se lleva a cabo si el análisis de partículas que por diversos motivos no resultaron de una distribución uniforme en su tamaño. Una primera selección sería en el tamizador de malla más fina (# 400) del cual las partículas de mayor tamaño se repasan y la más finas quedan a integrar el producto final de Carbonato de Calcio.

Una segunda forma de selección sería en un equipo llamado hidrociclón que es simplemente la centrifugación del fluido impulsado por una bomba que dá energía de presión transformable en energía cinética que de acuerdo a la característica de la velocidad (tangencial) produce la separación por diferencia de tamaño o peso de las partículas, producto de la dispersión originada por la centrifugación.

6. ESPESAMIENTO

El producto carbonato de calcio precipitado se encuentra en suspensión en el agua por la cual debe ser sometido a un posterior secado para lo cual de acuerdo a las características de los tipos de secadores debe concentrarse la suspensión, es decir, eliminar agua. La operación de sedimentación por gravedad es la adecuada para este tipo de separación, eliminándose el agua por decantación.

7. FILTRACION

Esta operación sólo se lleva a cabo si el producto va a ser secado en un horno.

La filtración se realiza en un filtro prensa de placa y marcos y es realizado por bombeo de la suspensión, pudiendo realizarse al vacío con una bomba de vacío. El tipo de filtro a usarse puede ser de nylon o poliéster, esto debido a la fineza del producto y estas telas se adecúan a él. La filtración del producto es relativa a llevarse a cabo, es decir, si el producto es del orden del micrón, su filtración se hace imposible porque las partículas finas forman una capa impermeable para la fluidización inclusive del agua. Según experiencia

se ha comprobado que para partículas del orden de los 10 o más micrones es posible concentrar la suspensión por la operación de filtración.

8. DISGREGACION DE TORTAS

En realidad esta fase está ligada a un secado posterior en un horno o flash-dryer.

La fase en sí consiste en formar un lodo con altos porcentajes de sólidos mediante la disgregación de las tortas con agua blanda.

La disgregación requerirá de un tanque de volumen apreciable y de una fuerte agitación.

Dado que las tortas tienen una estructura compacta, la disgregación requerirá de algún tiempo para obtener un lodo uniforme.

La ventaja de esta fase es que se pueden tomar lodos con diferente porcentaje de sólidos, dependiendo esto de los requerimientos de la fase secado.

9. TROCEADO DE TORTAS

Es una fase antecesora a un secado por horno.

Consiste en "trocear" las tortas con el fin de que el secado sea lo más uniforme posible. Por otro

lado, el tiempo de operación de secado por hornos se minimiza y se hace la operación más eficiente.

10. SECADO POR HORNO

Mediante esta fase se elimina el contenido de humedad de las tortas.

Se lleva a cabo en un horno, que necesariamente deberá ser giratorio. Este horno tendrá en su interior placas transversales con el fin de garantizar un secado uniforme del Carbonato de Calcio.

Generalmente se requiere, para un buen secado, un tiempo de operación mayor de las 8 horas y de una temperatura de operación comprendida entre los 100 y 120°C.

11. SECADO POR SPRAY o FLASH

Tiene como fases previas el espesamiento en tanques de sedimentación, filtración y disgregación de las tortas (estas dos últimas son opcionales) según operación del equipo.

Estos tipos de secado pueden ser de dos tipos: uno del tipo flash dryer y otro del tipo spray-dryer.

El tipo spray-dryer o atomización consiste en aumentar la suspensión de Carbonato de Calcio a una concentración adecuada en un rotor que gira a altas revoluciones por la acción de aire comprimido. El aire caliente entra por la parte inferior, existiendo una transferencia de masa del aire con el agua de la suspensión, logrando separarse este aire húmedo del producto seco en un ciclón.

El tipo flash-dryer o secado por transporte neumático consiste en un tubo largo del tipo "riser" en el cual el aire caliente accionado por un extractor es elevado y mezclado con la suspensión en una parte del tubo, la transferencia de masa se realiza a través de todo el tubo y es separado el aire húmedo del producto seco al igual que en el spray dryer en un ciclón.

El resultado final del secado por spray o flash es un producto seco en forma de polvo y de partículas uniformes con un porcentaje de humedad final controlable y aire con humedad final mayor que la inicial.

El diámetro de la partícula, otra característica importante del carbonato de calcio precipitado -

también puede ser fijada y controlada, dependerá de factores tales como la velocidad de alimentación, velocidad periférica del disco atomizador (spray) de la longitud del tubo "riser"(flash), etc.

En sí, esta fase tiene la ventaja de obtener el producto final en una sola operación, eliminando se operaciones que tendrían que llevarse a cabo necesariamente, en un horno.

La operación es continua y automática y el tiempo de residencia del material es mínimo.

Por otro lado, las pérdidas de material por la operación son mínimas.

12. MOLIENDA HASTA FINOS

Tiene como fase previa el secado por hornos y su finalidad es la de reducir el tamaño de la partícula del producto secado.

Esta molienda según las características de los trozos de carbonato secado en el horno, puede llevarse a cabo en un tren de molino de bolas de diversas características, del material como bolas de

metal o las más pulidas hechas de porcelana.

13. CLASIFICACION

El paso siguiente de la molienda es la clasificación del tamaño de las partículas seleccionándose aquellas que cumplan las especificaciones del producto.

La operación en sí es sencilla y automática, el producto molido se alimenta a una serie de tamices vibratorios de diferentes mallas. Colectándose el producto que atraviesa un determinado número de tamices que está en relación con el diámetro promedio de partículas requerido. La operación es continua.

14. ENVASADO

Tiene como fase previa, o bien una clasificación de partículas o un secado por atomización. En ambos casos la alimentación es continua y por tanto el envasado también puede llevarse a cabo en forma continua.

Dado esta característica, el envasado puede ser automático, semiautomático o manual.

El envase de carbonato de calcio precipitado se lleva a cabo en bolsas de papel de varios pliegos y protegido en su exterior con bolsas de polietileno. La capacidad de las bolsas podra ser de 30 kgs.

Sea cual fuere el caso, la fase requerirá de una balanza que controle la cantidad exacta de material a cada bolsa.

15. ALMACENAJE

Una vez envasado el producto en bolsas de 30 kgs. es transportado mediante fajas a un almacén de donde se distribuirá el mercado.

4.2.3. TECNOLOGIAS EXISTENTES PARA LAS FASES DEL PROCESO

En lo que se respecta al proceso principal de la producción de carbonato de calcio precipitado, es decir a la carbonatación existen tecnologías diversas como la carbonatación a altas temperaturas en un reactor de tanque agitado y enchaquetado por donde se le ha de fluir vapor de agua.

Otra tecnología es vía atomizador o spray el cual consiste en hacer reaccionar la cal apagada con el gas carbónico proveniente de la combustión de un gas combustible y que a su vez consigue secar el producto carbonato de calcio precipitado.

Una tecnología parecida a la anterior consiste en reaccionar el hidróxido de calcio en presencia de vapor de agua que sirve como catalizador, las condiciones deseadas son:

- Temperatura de reacción debe ser de 112°F o más entre 300-450°F hasta 600°F como máximo.
- Tiempo de reacción aproximadamente de 3 a 7 minutos.
- Presión del sistema cercano a la atmósfera
- Partículas que se obtienen son de alta fineza alrededor de 1 micrón.

Por otro lado, con respecto a la purificación de la materia prima (cal apagada) se habla de separar la sílice con defloculantes selectivos.

Con respecto a los equipos se habla que deben ser contruídos de acero inoxidable resistentes a la corrosión principalmente cuando se manipula la lecha

da de cal que es corrosiva por tener un ph de 14.

Con respecto del secado la mayoría de las tecnologías hablan del proceso convencional, es decir, del secado en un horno rotatorio previo filtrado, troceado.

En nuestro proceso se utiliza un secado por atomización. El equipo necesario para llevar a cabo esta fase también debe cumplir con el requisito de ser resistente a la corrosión y abrasión.

Existen secadores contruidos de acero inoxidable que tienen buena resistencia a la corrosión y abrasión.

La Niro-Atomizer (Dinamarca) provee una variedad de equipos de secado de acuerdo a los requerimientos de cada proceso.

Existe una variedad de formas para envasar transportar y almacenar el producto terminado, dado que estas fases pueden llevarse a cabo en forma automática, manual o semiautomática. Podrá usarse por ejemplo, empacadoras automáticas que alimentan una cantidad determi

nada de material al envase y luego lo sellen. Podrá usarse fajas transportadoras para llevar el producto terminado y envasado al almacén.

El empaque puede ser también hecho en forma manual, un operario controla la alimentación del producto terminado al envase y luego lo sella, dejándolo por último sobre una faja transportadora que se encargará de llevarlo al almacén.

4.2.4. USO DE TECNOLOGIA PROPIA PARA CADA UNA DE LAS FASES DEL PROCESO ADECUADO A NUESTRA REALIDAD O CREADA

En lo que respecta al proceso en sí, toda la tecnología ha sido desarrollada en el país, por la unidad operativa que se especifica en el ítem 1.2. (entidades y personas responsables de la producción ejecución y operación del Proyecto). De tal modo que se podrá producir carbonato de calcio precipitado en el país de buena calidad según especificaciones, sin requerir otra información más que la que se ha obtenido durante el tiempo que duró la investigación.

En lo referente a equipos principales, todos a excepción de los necesarios para la fase de secado; pueden ser

construídos totalmente en el país.

Existen empresas nacionales especializadas en la construcción de equipos que son necesarios para nuestro proceso. Por ejemplo:

- Factoría Quezada Hnos. S.A. (Prolongación Jorge Chávez 900, cuadra 54 Av. Argentina, Callao), es especialista en fabricaciones metálicas industriales y navales que pueden construir los tanques de disgregación, sedimentadores, reactores, etc.
- Lebeton S.C.R. Ltda. (Av. Las Fábricas-Urb. San Remo, cuadra 17 Av. Argentina, Lima), Empresa que manufactura la pasta "X" (resina X), con probada resistencia a altas temperaturas y puede ser usada como recubrimiento en los tanques de lavado, sedimentadores, etc.

Con respecto a equipos auxiliares, se podrá contar con la Empresa Hidrostal S.A. que manufactura bombas especiales para el bombeo de sólidos en suspensiones; los motores podrán ser adquiridos por la firma DELCROSA S.A. y con respecto a la parte de Ingeniería Civil, desde varios años nuestras empresas se han especializado en construcción de plantas industriales.

4.2.5. PROCESO PRODUCTIVO A EMPLEARSE

4.2.5.1. DESCRIPCION Y CARACTERISTICAS TECNICAS DEL PROCESO. FLOWSHEET.-

Dado que la alternativa seleccionada en el apartado 4.2.1. fue la N°1, por ofrecer mayores expectativas, se hará entonces la descripción del proceso productivo representada por esta alternativa.

a) Transporte y alimentación de Materia Prima

La cal apagada se alimenta al tanque mezclador mediante una faja transportadora, la cual previamente depositará la cal apagada en una tolva que está provista en la base de un sin fin que distribuirá uniformemente la alimentación al tanque.

El material se pesa mediante una balanza integrada continua, que se sitúa entre la faja transportadora y la tolva. El funcionamiento de la balanza será automático, determinándose la alimentación cuando se alcance la cantidad requerida de material por batch.

El agua se alimenta desde los tanques de agua mediante sus respectivas bombas.

b) Disgregación

La cal apagada que se alimenta al tanque de disgre

gación tiene una relación de 80gr/lit de suspensión.

Ya en el tanque, los materiales, mediante una agitación continua y vigorosa, formarán un lodo uniforme.

c) Sedimentación

En esta operación se comienza a purificar la cal apagada, La purificación se lleva a cabo en un tanque cilíndrico con base cónica.

La operación consiste en realizar la operación de sedimentación por gravedad sin utilizar defloculante o floculante para separar la sílice o partículas gruesas.

La operación según tecnología del Proyecto consiste en repetir la prueba dos o tres veces dejando sedimentar sólo los residuos y no toda la suspensión, esta innovación permite la sedimentación libre y por consiguiente obtener la separación de impurezas a diferencia de la sedimentación impedida, esta se ve dificultada porque la cal apagada tiene partículas finas (90 micrones) y obstruye la sedimentación total de sílice en capas transversales al sentido de la sedimentación.

El tiempo de la operación dura según el tamaño del equipo y también de la pureza de la materia prima.

c) Tamizado

Esta operación es opcional pero necesaria si la purificación de las impurezas en la fase de sedimentación no ha llegado a las especificaciones deseadas antes de la carbonatación. La operación se realiza en un tanque concéntrico, donde el tubo interior está cubierto de una malla fina (# 400) de acero inoxidable, el fluido bombeado y a presión entra al tamizador pasando la malla sólo el producto tamizado (se considera que la sílice y partículas gruesas se queden retenidas) y es enviado al reactor. Las impurezas se van purgando cada cierto tiempo, según capacidad del tanque de tamizado. La operación es continua por lo cual la capacidad del tanque no debe ser muy grande porque sólo se necesita un cambio de sección apreciable al diámetro de la tubería de transferencia.

d) Carbonatación

Antes de la carbonatación la lechada de cal purificada debe ser llevada a una concentración de

120gr/lt. El gas carbónico debe tener una pureza mayor del 98% que de acuerdo a sus propiedades físicas y termodinámicas debe llegar al reactor el estado gaseoso.

Las condiciones que deben tenerse en cuenta en esta fase del proceso son:

- La presión del reactor será de una atmósfera absoluta.
- La temperatura dentro del reactor debe ser mantenida dentro del rango de 35-40°C.
El tiempo de reacción no debe ser mayor de 50 minutos.
- La razón de flujo de CO₂ versus el volumen de reacción deberá estar comprendido dentro del rango 1.5-1.7.
- El grado de agitación deberá ser vigoroso.
- Las paletas del agitador deberán ser del tipo turbina en número de 6 y con 4 deflectores colocados en la periferia del reactor, las especificaciones de las dimensiones y colocación del agitador serán según normas de la técnica de agitación.
- La temperatura inicial de agua de enfriamiento no deberá ser mayor de 25°C.

- El flujo de agua de enfriamiento deberá ser tal que mantenga la temperatura en el reactor de 35-40°C.
- El reactor deberá ser de acero inoxidable para la mejor transferencia de calor con el agua de enfriamiento.

f) Clasificación

Esta operación consiste en eliminar las partículas gruesas de Carbonato de Calcio según las especificaciones de su uso, dicha operación puede ser llevada a cabo en un tamizador en húmedo, el cual es un tanque con tubo concéntrico donde se coloca la malla más fina (#400), obteniéndose una selección de partículas adecuada; la otra forma de clasificación se puede realizar en un equipo llamado hidrociclón, el cual es un tanque cónico que permite la separación de partículas según tamaño, por dispersión, al ser centrifugado la suspensión del producto. Tanto el tamizado como la centrifugación se realiza a presión, para lo cual se puede disponer de una bomba según diseño de la transferencia de cantidad de movimiento.

g) Lavado

Esta operación se realiza con la finalidad de eliminar $MgCO_3$, $Ca(OH)_2$ u otras impurezas que contaminan el producto $CaCO_3$. El lavado se basa en la diferencia de solubilidades que existe entre el $MgCO_3$, $Ca(OH)_2$ y el $CaCO_3$.

El lavado debe ser por conveniencia con agua blanda porque el agua dura contiene iones, Calcio y Magnesio por lo que sería contraproducente lavar con agua que contiene justamente las impurezas a eliminar.

Cada lavado es un ciclo que consta de 4 partes:

1. Adición del material y el agua de lavado al tanque.
2. Agitación vigorosa de la mezcla
3. Sedimentación del Carbonato de Calcio
4. Purga del clarificado.

Para eliminar la velocidad de sedimentación y de hecho disminuir el tiempo de operación, se añade en cada lavado pequeñas cantidades de floculantes el cual aglutina las partículas en suspensión de carbonato, haciéndose más pesadas, aumentando por lo tanto la rapidez de caída de éstas.

En esta fase debe tenerse en cuenta que:

- La presión y las temperaturas de trabajo serán las del ambiente.
- El agua de lavado será necesariamente blanda.
- Los tanques de lavado serán construídos en plancha de fierro recubierto con resina poliester protegida con fibra de vidrio.
- Las tuberías y accesorios de descarga y carga se recomienda que sean de PVC y no de fierro, por el hecho que esta última con el tiempo se corroe contaminando de fierro el carbonato dándole un color amarillento.

h) Espesamiento

El producto carbonato de calcio precipitado luego de la carbonatación y lavado se encuentra en suspensión en el agua por lo cual debe ser concentrada para su posterior secado.

La primera concentración se lleva a cabo en un tanque cilíndrico y cónico en su base inferior.

El porcentaje de humedad que sale de la carbonatación es del 86% si lo lavamos este porcentaje es relativo, de acuerdo a la purga del clarificado, pero sedimentándolo totalmente por gravedad con

floculante este porcentaje es del 65% que es el porcentaje con que entra a la fase de Secado.

i) Secado por Spray o Flash

Del espesador (disgregador) se alimenta el lodo a un secador (del tipo spray-dryer o del tipo flash dryer) en el cual se transforma la mezcla líquida en un producto sólido en forma de polvo fino con un diámetro de partícula definido.

De acuerdo a las características de los dos tipos de secadores se establece que el del tipo spray-dryer se adecúa más que el flash-dryer para secar sólidos en suspensión (generalmente por la alta densidad del producto seco carbonato de calcio), pero el spray-dryer nos dá un producto de mayor fineza.

Para el secado debe tenerse en consideración las siguientes pautas:

- La alimentación debe tener un 60% de humedad aproximadamente.
- El producto final debe tener menos del 0.5% de humedad.
- La temperatura del aire de entrada debe ser de 400° aproximadamente.

La temperatura del aire de salida debe ser de 200°F aproximadamente.

- El secado debe ser continuo.
- Como elemento atomizador se usará un disco rotatorio de ventanas rectangulares (atomización centrífuga).

j) Envasado y Almacenaje

La descarga del secador, es el producto final listo para comercializar. Este producto es transportado desde el secador mediante un sin fin, a una embolsadora semiautomática.

Aquí se llenará en bolsas de 30 kg, las cuales posteriormente serán selladas y puestas en fajas transportadoras que las llevarán o bien al almacén o a las unidades repartidoras.

4.2.5.2. BASE DEL DISEÑO

A. Planta

El presente diseño cubre todas las instalaciones necesarias, para producir carbonato de calcio precipitado, comenzando desde la alimentación de la materia prima (cal apagada) y terminando en la

sección de almacenaje del CCP. Se considera además, las instalaciones para el suministro del gas carbónico, agua y energía eléctrica, la aprovisionamiento del gas carbónico, agua y energía eléctrica, la aprovisionamiento de aire, depósitos, talleres y demás servicios auxiliares exteriores a los límites de la planta así establecidos.

B. Productos, Capacidad

B.1. Capacidad

La capacidad de diseño de la planta del CCP es de 39 TN/día (13,000TM/año).

B.2. Tiempo de Operación

Se considera que el tiempo de operación de la planta para la capacidad de diseño es de 8,000 horas por año.

B.3. Flexibilidad de Operación

La Planta podrá trabajar con capacidades comprendida entre 1.4 Tn/día (mercado nacional) y la de diseño correspondiente a 39Tn/día (mercado andino) de CCP.

B.4. Producto

Carbonato de Calcio Precipitado.

B.4.1. Propiedades Generales

Sólido en forma de polvo color blanco con un diámetro de partículas que oscila alrededor del micrón.

Malla 400: 100%

El polvo tiende a fluir fácilmente y su transporte puede llevarse a cabo mediante un sin fin o por medio neumático.

La humedad final oscilará entre 0.4-0.6%. El ph alrededor de 9.

B.4.2. Composición Química

	% Peso
CaCO ₃	99.4
Ca(OH) ₂	trozos
MgCO ₃	trozos
SiO ₂	trozos
H ₂ O (a 105°C)	$\frac{0.6}{100.0\%}$

C. Especificaciones de Materias Primas

C.1. Cal Apagada

La cal apagada debe ser un polvo blanco que pase la malla #120 (90 micrones) con una pure

za mayor de 93%.

Análisis:

	% Peso
Ca(OH)_2	90-93
CaCO_3	5-7
Mg(OH)_2	0.2
Fe_2O_3	0.08
SiO_2	0.2
H_2O	2-3

C.2. Dióxido de Carbono.- Gas con 98% ó más de pureza.

D. Especificaciones de Servicios Industriales

Agua

Tipo: Ablandada y cristalina

Acidez: 7.5-8.5pH

Dureza: 2-5ppm

Temperatura: ambiente.

Aire

Húmedad relativa: 60%

Temperatura: Aire de entrada al calentador 20°C

Aire de Instrumentos: Aire seco ft³/minuto, 100

PsIG

Energía Eléctrica

Voltaje: 440

Ciclaje: 60 ciclos

Corriente: trifásica

E. Disposición de Deshechos

Efluentes gaseosos. Especificaciones.- Como efluyente gaseoso se tiene: Gas del reactor que es la pérdida del gas carbónico a $T=35-40^{\circ}\text{C}$.

Aire de Secadores.- que tiene las siguientes especificaciones: $T=50^{\circ}\text{C}$, 0.2% de sólidos (CCP).

Efluentes Líquidos. Especificaciones.- Suspensión de cal apagada de los tanques purificadores (eliminación de sílice), tamizador, Agua de tanques de lavado con 0.5% de MgCO_3 .

Deshechos sólidos.- Especificaciones.-No existen deshechos sólidos.

F. Consumos Unitarios

CUADRO 4.2.5.2.F

CONSUMO DE MATERIAS PRIMAS

Para ITM de Producto

Cal apagada	0.9067 TM
Gas carbónico	0.4150 TM

Consumo de Servicios Industriales Unitarios.-

	Para	TM de Producto
Agua para disgregación		10.88 TM
Agua para lavado		27 TM
Aire		56 TM
Energía Eléctrica		80 KWH

G. Sistema Métrico Decimal y Otros Estándares

Los sistemas standard de ingeniería deben ser definidos de acuerdo a los utilizados en el Perú y por la proveedora de tecnología (SPL).

Todos los equipos y materiales a ser suministrados por la firma seleccionada serán diseñados, fabricados e inspeccionados de acuerdo con el sistema ASTM o equivalentes y/o otros estándares e instrucciones acordadas por las partes interesadas. Todos los diseños y cálculos serán hechos en el sistema métrico decimal.

Todas las medidas en los documentos técnicos serán escritos en el sistema métrico, excepto casos especiales. Todos los documentos serán escritos en idioma español y/o inglés, cuando el uso lo requiera.

H. Mano de Obra

La organización del personal directo en la operación es el siguiente:

Producción.- Para una capacidad de 13,000 TMA.

	<u>por turno</u>	<u>total</u>
Supervisión		4
Capataces	2	6
Operadores		
- Disgregación		3
- Tamizado		3
- Carbonatación	2	6
- Lavado	6	18
- Secado y empaque	3	6
- Agua ablandada		3
- Ayudantes		3
TOTAL	18	52
Mantenimiento		
- Supervisión	1	
- Operarios	8	8
	<hr/>	<hr/>
	27	61

I. Disposición de Planta

Para la capacidad de la planta y de acuerdo a la característica y capacidad de los equipos se ha establecido la siguiente disposición:

CARACTERISTICA	AREA EN M ₂
Area de la planta	5,500
- Planta de proceso	550
- Secadores	900
- Almacén #	100
- Almacén # 2	100
- Almacén # 3	150
- Laboratorios	160
- Oficinas	200
- Almacén de productos Ventas y casetas de control	400
- Almacenamiento de CO ₂	100
- Caseta de control #2	20
- Planta de E.E.	30
	<hr/>
TOTAL	2,010

4.2.5.3. TECNOLOGIA.- SUS ALCANCES

A. Información Técnica

El Carbonato de Calcio Precipitado como se dijo en el ítem (definición del producto) tiene propiedades especiales que le dan cierta utilidad en los usos que se le pueda dar, tales como la brillantes y color blanco usado en la industria del papel, por su fineza como recubridor de papel y plásticos, abrasividad en la industria de dentríficos, etc.

El propósito de la tecnología era justamente llegar a un carbonato de calcio que pudiera cumplir las especificaciones señaladas.

La especificación común de todas era la pureza del CCP (Carbonato de calcio precipitado) por lo cual se tenía que purificar la materia prima, pues si esta quedaba impura en la carbonatación el producto CCP también debería tener las mismas impurezas; otra norma que debería de cumplir el CCP era el grado de tamaño de partículas, el cual no era muy sofisticado para la industria de papel y dentríficos pero si en la industria de polímeros. Como el polietileno, SBR (caucho sintético) PVC. Nuestra meta justamente era llegar a un producto que cumpliera las normas de estos polímeros por dos razones que para nosotros son importantes, una de ellas era conocer las propiedades diversas de estos productos, que de acuerdo a nuestra especialidad teníamos una obvia razón.

La empresa SPL tenía la meta sólo de llegar al CCP que sirviera de relleno para su papel, etapa que la cumplimos satisfactoriamente.

En realidad toda la tecnología proveniente de la investigación realizada se limita a la fase más importante que es la Carbonatación o reacción de la lechada de cal con el gas carbónico, nosotros haciendo variar una de las condiciones de operación obteníamos un CCP de distinta especificación a la otra obtenida con otra condición de operación. Quizás entrando más en detalle declaramos que la variable más importante es la temperatura de la reacción el cual juega un papel importante en la finura del producto.

En el presente ítem trataremos de dar en detalle nuestra tecnología seleccionada pero con cierto cuidado de dar los parámetros que involucrarían la copia de esta tecnología por ser propiedad de la empresa Sociedad Paramonga Ltda, para mejor información esta se encuentra en propiedad de la Empresa y de ITINTEC.

Nuestras aseveraciones serán basadas en las múltiples pruebas que realizamos en laboratorios y planta piloto que duró nuestra investigación.

Como ya se explicó en ítems anteriores nuestra primera fase era buscar la materia prima (cal apagada) que cumpliría las especificaciones deseadas como son la

pureza mayor del 93% y fineza (malla de 90 micrones), de todas las cales analizadas habían dos que aproximadamente cumplen las especificaciones, éstas eran de DOGARESA Y de la Minera CUTOFF, prefiriéndose la de DOGARESA por su cal apagada a diferencia de la otra que era cal viva, lo cual nos involucraría una fase más como el apagado de la cal viva.

Seleccionada la materia basándonos en los análisis químicos especiales para estos tipos de prueba (Ver Anexo 4.2.5.3.A) encontramos que la impureza más común a eliminar era la sílice y partículas gruesas. La operación de proceso característico a estas pruebas era la sedimentación por gravedad, a pesar que su finalidad es separar un sólido de un líquido o viceversa, nosotros aprovechamos la característica de esta operación para separar un sólido (impureza) de otro sólido (producto) basándonos en la gravedad o pesos diferentes que existían entre ellos.

La técnica de sedimentación implica usar floculantes o defloculantes para ayudar a la separación, nosotros utilizamos diversos floculantes y defloculantes como en el caso de los Magnafloc, polifosfato tetrasódico, caseína, etc., pero igual resultado nos daba sin u-

sar estos electrolictos. Después de múltiples ensayos determinamos concentración de la cal apagada óptima para la sedimentación y su posterior purificación, Esta concentración era de 80gr/lit en la figura del anexo 5-1, se muestra la velocidad de asentamiento del sólido suspendido a diferentes concentraciones de la suspensión, en la figura (anexo 5-2) se muestra la variación de la velocidad de asentamiento con el flujo descendente (L_L), concentración de Sólidos (C_L) y el área de sección transversal del espesador (S), figura que nos sirve para calcular el área requerida para la operación.

Para realizar un escalonamiento a gran tamaño del tiempo de sedimentación se realizaron pruebas con varios recipientes de diferentes volúmenes en el anexo 4.2.5.3.B. Se tabulan los tiempos de sedimentación versus volumen de sedimentado para una cal de 80gr/lit y en el gráfico del anexo 5-3 se muestra la curva de esta tabulación.

En el anexo 4.2.5.3.C. se muestra la tabulación de ciertos parámetros que nos sirvieron para escalar a nivel de planta piloto y del gráfico, Anexo 5-4. Se muestra un ejemplo de cálculo para calcular el tiempo de sedimentado final como también el tiempo necesario re

querido en la sedimentación para espesar de 80 a 120 gr/lt, este último valor de 40 minutos era el necesario para sedimentar la sílice y purgarlo.

Esta operación de Sedimentación se puede realizar hasta 3 veces con la finalidad de separar mayor cantidad de impurezas pero debido a la similitud en la fineza de cierta cantidad de partículas impuras, se optó por adecuar a la purificación por sedimentación, la operación de tamizado.

Esta operación de tamizado es opcional pero necesario por la variedad de pureza con que la cal apagada se puede presentar.

La operación de tamizado se realiza en húmedo a diferencia de realizarlo en "seco" porque generalmente la cal apagada contiene un % de humedad que hace difícil la separación por mallas al formarse grumos. En la tabla del ANEXO 4.2.5.3.D. se muestra un análisis de la cal apagada tamizada por diferentes # de mallas según las normas TYLER. La malla más fina utilizada en esta experiencia fue la de 56 micrones (270) reduciendo la cantidad de sílice de 2% (materia prima) a 0.067% aceptable según especificaciones del producto CCP.

Nosotros en planta piloto diseñamos un tanque tamizador en húmedo que tenía sólo la malla de 56 micrones por considerar ya la operación de sedimentado, el cual nos reduciría el % de sílice. Nosotros recomendamos utilizar la malla más fina que se encuentra en el mercado que es la de 37 micrones (#400) por darnos mejor separación debido a la presencia de partículas finas de sílice.

La materia prima ya purificada es apta para la reacción de carbonatación.

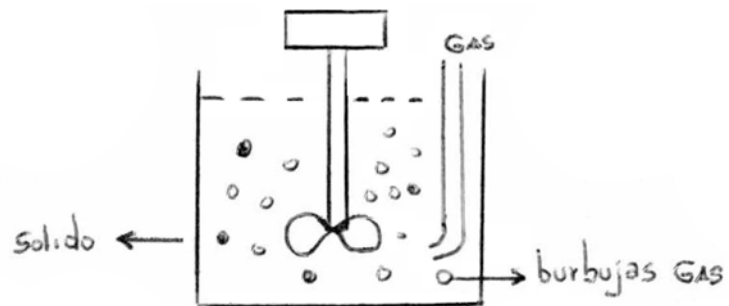
Como primer paso que realizamos fue determinar el orden de la reacción el cual según la cinética de la reacción era determinar la constante de velocidad de reacción; la experiencia consistía en calcular cada cierto tiempo la concentración de cal y establecer un gráfico para calcular la constante de reacción. Los resultados de esta experiencia se muestran en el Anexo 4.2.5.3.E. y figura del Anexo R-1, según estos resultados se llega a la conclusión que el orden de la reacción es de orden cero o sea no depende de la concentración de la cal si no solamente del flujo de CO_2 , volumen de reacción y del grado de agitación.

Un estudio teórico de la cinética de la reacción es realizado por Jukevar V.A. and M.M. Sharma, quien dice:

La carbonatación de una suspensión de cal es ejemplo de una reacción en donde el gas, líquido y sólidos son ya reactantes o productos.

Un esquema simplificado del tipo de reactor empleado es:

Reactores agitadores de gas-líquido slurry.



Generalmente, estos reactores son usados cuando una pequeña cantidad de producto es requerido.

Ventajas:

Alta capacidad calorífica-brindando un buen control de temperatura

Facilidad de recuperación de calor

Permitir una mejor flexibilidad de mezclado

Permite el uso de partículas de sólido finas, el cual minimiza el efecto de difusión dentro de la partícula.

Desventajas:

Alto grado de mezclado axial reduce la inversión

- El alto hold up de líquido causa que la resistencia difusional de la fase líquida al reactante gaseoso sea un factor importante que afecta la velocidad global de reacción.

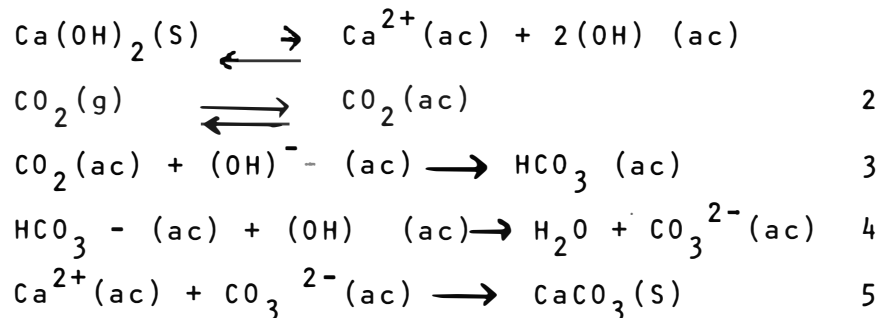
REACTOR DE TANQUE AGITADO, EN OPERACION SEMIBATCH

En estos tipos de reacciones, los flujos mássicos de entrada y salida no son iguales. En nuestro caso la leche de cal es carbonatada en un reactor de tanque agitado. En primer lugar se adiciona una cantidad fija de suspensión de cal apagada y luego dióxido de carbono gaseoso es agregado continuamente hasta que la reacción se haya completado. Una operación de esta clase es batch teniendo en cuenta que la composición de la mezcla de reacción cambia con el tiempo. Sin embargo, desde el punto de vista del proceso, el dióxido de carbono es agregado continuamente. Una ventaja de esta operación semibatch es que una pequeña concentración de un reactante (CO_2) puede ser mantenida todo el tiempo, evitando que exista una excesiva pérdida de CO_2 .

Esta operación semibatch es también ventajosa, al considerarse el alto valor de reacción y consecuentemente, la excesiva elevación de temperatura que resultaría en una operación batch. En la operación semibatch la elevación de la temperatura debido al alto valor exotérmico puede ser reducido y controlado por agregación continua del dióxido de carbono.

La etapa química de la reacción de carbonatación es extremadamente rápida. De aquí que la velocidad de producción del carbonato de calcio precipitado es controlado por la velocidad a la cual el flujo de CO₂ es agregado (etapas de solubilización y difusión) más que por la velocidad de la reacción química.

El proceso total envuelve los siguientes pasos:



De estas reacciones las # 4 y 5 son instantáneas, sólo las 3 primeras reacciones son importantes.

Nosotros en la investigación, diseñamos el reactor basándonos en datos experimentales conociendo los parámetros que hallamos de las múltiples pruebas de pre-planta piloto; un resumen de las pruebas realizadas en pre-planta piloto se muestra en el anexo 4.2.5.3.F. en el cual también se muestra nuestras observaciones y conclusiones.

En dicha experiencia, se determinan el grado de agitación, tipo de agitador, temperatura de la reacción, tiempo de la reacción, flujo de CO_2 , concentración de la cal apagada, datos que nos servirían para escalar a nivel de planta piloto y a nivel industrial siguiendo la técnica de agitación y en los balances de materia y energía.

Como se ha mencionado en el ítem descriptivo del proceso nuestra reacción es semibatch por dos razones, una es el flujo de CO_2 y otro es la alternativa de reciclar durante la reacción la suspensión a través de una bomba con el objeto de remover la cal no carbonatada suspendida en el fondo del reactor. Para los efectos de controlar el flujo de CO_2 se utilizó un medidor de flujo llamado rotámetro que es un medidor basado en la diferencia de área a diferencia del medidor

de orificio que es basado en la diferencia de presión, nuestro trabajo fue calibrar el rotómetro de gas que según escala del fabricante era para aire medido a condiciones estandar (70°F y 1 atm), realizamos dos métodos de calibración, uno el teórico basado en la fórmula del rotómetro y otro experimental basado en análisis de la muestra carbonatada para cada flujo del rango del rotómetro, en el anexo 4.2.5.3.G se muestra uno de los métodos indicados.

Otra de las pruebas realizadas fue determinar la pérdida de CO₂ para cada variación del flujo de este gas. Del gráfico R-2 notamos que para un flujo de 400 gr/min, bajo las condiciones establecidas la pérdida de CO₂ empieza a ser apreciable.

Se debe tener cuidado en la manipulación del gas carbónico tratando de tener siempre el gas en estado gaseoso o líquido gaseoso y evitar grandes caídas de presión en la línea o accesorios porque según su estado el gas carbónico puede llegar a solidificar obstruyendo la línea o los agujeros de distribución colocados en el reactor, ya que nuestro reactor es enchaquetado con una camisa de refrigeración al material de construcción, de

be ser de un material de alta transferencia de calor y anticorrosión, recomendamos que sea de acero inoxidable al igual que el agitador y distribuidor de CO_2 estas consideraciones se emplearon en nuestra planta piloto.

La etapa de lavado se puede realizar en el mismo equipo de espesamiento, previa limpieza de él, en esta etapa nosotros logramos separar el $\text{Mg}(\text{OH})_2$, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ al entrar en solubilidad con el agua a diferencia del CaCO_3 que es menos soluble que ellos a la temperatura ambiente.

La etapa de espesamiento en el tanque sedimentado o espesador puede ser el mismo utilizado en la etapa de lavado, se lleva a cabo a sedimentación total o tiempo infinito.

En la planta piloto calculamos el tiempo final de sedimentación para 50kg de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ el cual fue de 5 horas y 17 minutos (ver gráfico 5-3) donde la sedimentación de CaCO_3 debe ser mayor por la fineza del carbonato de calcio precipitado.

Razón por la que se optó por usar el floculante MAG. Las pruebas realizadas con este floculante se en-

cuentra expresada en el anexo del gráfico L-1.

El producto carbonato de calcio precipitado con un porcentaje de humedad alrededor del 62% es apto para el secado como se dijo anteriormente, recomendamos el del tipo atomizador o spray-dryer, el cual consiste en la transformación de una solución o suspensión en forma de polvo mediante una sola operación del trabajo. El principio básico es la atomización fina de la alimentación que inmediatamente al salir colisiona con un flujo de aire caliente.

El secado por spray se caracteriza por las siguientes ventajas:

- 1) El producto a secar flota continuamente sin colisionar con la superficie caliente del metal.
- 2) La temperatura del producto es baja aún cuando el aire de secado está a una temperatura relativamente alta.
- 3) Como la evaporación se lleva a cabo a través de una gran superficie, el tiempo de la operación dura pocos segundos.
- 4) El producto final es un polvo estable fácil de almacenar y transportar.

- 5) La temperatura de las partículas no se aproximan a la de salida del aire hasta que la mayor parte del agua sea retirada, esto evita la posibilidad de un sobrecalentamiento.

Los componentes más importantes de una planta de secado por spray son: el atomizador, mediante el cual la alimentación es atomizada en un flujo de aire caliente, el dispersor de aire, para la dispersión del aire de secado cuando este entra a la cámara de secado, en la cual toma lugar el atomizador y el secado.

Además tiene los siguientes equipos:

- El calentador de aire, para calentar el aire de secado
- Los fans: para el transporte del aire
- Sistema de recuperación, de los finos que se encuentran en el aire de salida
- Sistema de transporte neumático del producto final. Se bombea la alimentación mediante el atomizador a través de una tubería que los conecta (en nuestra planta piloto la alimentación al spray-dryer se hacía por gravedad a través de una pera de decantación), los fans succionan el

aire atmosférico a través de un filtro donde las partículas de polvo serán separadas.

El aire limpio es luego transportado al calentador de aire. Conforme el caso lo requiera, se puede usar calentadores de aire, calentador con vapor, quedao indirecto de combustible y electricamente, o con gas. El aire calentado pasa a través de un ducto aislado, el dispersor de aire especialmente diseñado y luego a la cámara de secado. Un faro de aire frío suministra el aire fresco necesario al atomizador y al dispersor de aire.

En el proceso de secado cada una de las pequeñas gotas será transformada en una partícula pulverizada y la mayor concentración de la alimentación elevará la cantidad de polvo en proporción a la cantidad de agua evaporada. Por lo tanto, generalmente es más ventajoso secar sólidos por spray con un alto contenido de sólidos.

Puede definirse cuatro etapas principales del spray dryer:

- 1) Atomización de la alimentación en el spray
- 2) Contacto del aire con el spray
- 3) Secado del spray
- 4) Separación del producto seco del aire.

La atomización puede llevarse a cabo mediante un atomizador centrífugo con disco rotativo, una tubería a presión, o tuberías para dos fluidos. Para la producción de Carbonato de Calcio Precipitado la que más se presta a la operación de secado es la atomización con disco rotatorio ya que con éste se puede obtener una distribución uniforme de partículas de gran fineza en el orden del micrón. Esto es importante porque el producto es utilizado en relleno de polímeros y su fineza es una de las especificaciones más importantes.

Para recoger el producto seco, la separación primaria tiene lugar en la base de la cámara de secado. La mayoría de los productos caen en la base de la cámara mientras que una fracción es transportada afuera del aire de secado, esta fracción es recuperada mediante ciclones o filtros.

Todas las etapas del proceso de spray-dryer afectan las propiedades del producto seco en un grado relativo. Mientras que muchas variables operacionales asociadas con la atomización pueden alterar las características del producto seco. Las más importantes son:

Energía utilizada para la atomización.- Un incremento de ella traerá gotas de más pequeña di-

mención a condiciones constantes de alimentación, ya que un incremento de la energía traerá consigo un aumento de la velocidad de rotación del atomizador produciéndose en consecuencia partículas más finas y por lo tanto un alto peso volumétrico.

2. Propiedades de la Alimentación.- Si se incrementa la viscosidad de la alimentación debido a un incremento del % de sólidos o a una reducción de la temperatura de la alimentación de producción de sprays no uniformes. Los efectos de la tensión superficial son menores que los de la viscosidad.
3. Velocidad de la Alimentación.- Los incrementos de la velocidad de alimentación a una velocidad de atomización dada, producirán spray y productos no secados uniformemente.
4. Selección de Equipo de Atomización.- Los atomizadores rotatorios y las tuberías producen diferentes formas y características en el spray, debe por tanto tenerse mucho cuidado en su selección. Para

el caso de secado de carbonato de calcio precipitado se recomienda el uso de atomizador de disco con ventanas.

5. Flujo de Aire.- El control del flujo del aire es básico, ya que el tiempo de resistencia en la cámara de secado depende precisamente de él.

Temperatura del Secado. El incremento de la temperatura de entrada incrementa la capacidad de evaporación a una determinada velocidad de aire de entrada. Altas temperaturas en la entrada trae consigo una temperatura de secado más económica. Un incremento de la temperatura frecuentemente causa una reducción del peso volumétrico, ya que como la evaporación, es rápida, los productos secados tienen una estructura más porosa.

El incremento de la temperatura de salida trae como resultado la reducción de la humedad del producto, esta variación de la temperatura está influenciada por la velocidad de alimentación del lodo y de la carga calórica.

En conclusión, nuestra tecnología presentada es de fácil implementación, no requiere de equipos sofisticados, excepto el secador spray-dryer, fácil operación y sobre todo no es rígida si no más bien elástica para cambios o modificaciones en su proceso. El producto que presentamos en esta tecnología estuvo más orientado a ser usado en la Industria de Polímeros (PVC polietileno, pisos vinílicos, caucho sintético, etc.).

4.2.5.3.B. ASISTENCIA TECNICA

La numerosa cantidad de experiencias realizadas y la constancia de un buen producto final, en base a la fijación de las variables del proceso que se presenta, nos dan respaldo para dar Asistencia Técnica.

Esta asistencia técnica comprende a todas las fases del proceso y específicamente se refiere a:

Dar los valores exactos de los parámetros que rigen cada una de ellas, por ejemplo temperatura, flujo de CO_2 , grado de agitación, concentración de la cal apagada, en la fase de carbonatación. Cantidades exactas de materiales para producir una

cantidad determinada de producto.

Cantidades exactas de reactivos que mejoren las condiciones de operación.

Tiempos de residencia y tiempos de operación en cada fase

Especificaciones de los materiales, equipos y accesorios.

Capacidades y cantidad de los equipos y accesorios.

Lo referente a la construcción de equipos y accesorios en todas las fases excepto en el secado.

Entrenamiento del personal.

Puesta en marcha de la planta.

C. GARANTIAS

El proceso productivo presentado garantiza:

- Un producto de variado grado de fineza según especificaciones en su uso, por decir, el producto más sofisticado es el usado como relleno de los polímeros como el polietileno, caucho sintético (SBR), PVC, en el cual el carbonato de calcio precipitado debe tener un grado de fineza del orden del micrón, nuestro producto obtenido en la planta piloto cumple esta especificación, aparte de su alta pureza.

- Un producto seco (menos del 0.5% humedad) obtenido por una buena selección de secado (secado por atomización).
- Un producto de gran blancura que asegura la brillantez en su uso como en pinturas y papel.
- Un producto de abrasividad controlable para ser usado en dentríficos.
- Un producto transportable.

Por otro lado garantiza:

- Bajo porcentaje de pérdidas en las operaciones llevadas a cabo en cada fase
- Mínima cantidad de tiempo de producción
- Máxima limpieza en todas las operaciones.

En Resumen, este proceso garantiza:

- Producción continua a máxima capacidad
- Período de pruebas suficiente para apreciar posibles fallas.
- Consumos unitarios de materias primas.
- Calidad de productos finales conforme a especificaciones.

D SUPERVISION

La supervisión está dada en las siguientes etapas (ver cuadro 4.2.53d.)

	Duración de Actividades (en meses)	Supervisión H - 0
Planeamiento del Proyecto	2	5
A Ingeniería Básica	2	15
B Ingeniería de Detalle		
- Diagrama de Flujo y disposición de Planta	1/2	
- Diseño de obras civiles y edificios	4	
- Diseño de equipo	2	
- Diseño de Tuberías	2	
- Diseño eléctrico e instrumentos	2	20
C Fabricación y/o Compra de Equipos y Máquinas		
- Equipos	12	
- Instrumentos	4	
- Tuberías y cables eléctricos	6	10
D Embarque de Equipos	3	1
E Transporte de Equipo	7	
F Construcción y Erección de Planta		
- Instalación de equipo	5	
- Instalación de tuberías	4	
- Instrumentos y eléctricos	3	
- Aislamiento y pintura	3	<u>180</u>

G Obras Civiles		
- Civiles	6	
- Edificios y Estructuras	5	20
H Pruebas y Puesta en Marcha	3	40
Entrenamiento de Personal	16	5
J Comercialización/materias Primas	7	10
TOTAL EFECTIVO	20 meses	307 H-D

En resumen, en 20 meses de ejecución del Proyecto se necesitará 307 H-D.

4.2.5.4. FABRICACION Y/O COMPRA DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS

La adquisición de todas las maquinarias y equipos de la planta se describen más adelante en detalle.

4.2.5.4.1. Condiciones del Suministro de Maquinarias y Equipos

Dentro de los proveedores conocidos que existen en el mercado nacional e internacional se pidieron proformas de equipos, las cuales presentaron su propuesta y recomendaron ciertas condiciones para la fabricación de equipos y maquinarias según la Ingeniería presentada.

En lo referente a equipos mayores como tanques tolvas, reactores, tanques tamizadores, serán de fabricación nacional así como la faja transportado-

Los secadores spray-dryer proveniente de la Niro-Atomizer según el estudio económico resultan muy caros por lo que se optó por pedir a una empresa metal-mecánica la fabricación de dicho equipo, recibiendo como respuesta satisfactoria que dicho equipo se puede hacer en el País.

Las demás conexiones tanto eléctricas, líneas de tuberías, etc. serán en algunos casos de fabricación nacional.

4.2.5.4.2 LISTA DE EQUIPOS.-

Equipos Principales.-

Denominación	Dimensiones y Características	Material	Cantidad
Faja Transportadora	30 m de longitud x 4 m de ancho. De doble sentido 8TM/h	Jebe	
Motor Eléctrico	2.4HP 440-60/3	Standart	

Faja Alimentadora	5m de longitud x 4m de ancho. De un sólo sentido 8TM/h	Jebe	
Motor eléctrico	440-60/3	Standard	
Tanques de Purificación	2.84m de diámetro x5.68m de altura total. De fondo có nico(45°)	Fierro negro revestido in ternamente c poliester re forzado	3
Agitador(para disgregar)	Turbina de 4 pale- tas planas. 0.90m de diámetro	Acero inoxi- dable	3
Motor eléctrico para el agitador	5Hp-70rpm 440-60/3	Standard	3
Bomba de suspensión	Caudal:246m ³ /hr	Standard	3
Motor de la bomba	2HP 440-60/3	Standard	3
Tanque de agua blanda	10mx28mx4m	Cocnreto	
Tanque tamizador	60m, altura 0.67m diámetro	Acero inoxi dable	6
Tanque reactor	5.35m altura 1.98 diámetro	Acero inoxi dable	6
Agitador	Turbina 4 paletas rectas, 4 deflec- tores	Acero inoxi dable	6
Motor	9HP	Standard	6
Bombas	0.5Hp Caudal=64.2m ³ /hr	Standard	4
Tanque lavador	2.14m altura 3.57m diámetro	Fierro negro refestido con resina, polies ter y fibra de vidrio.	3
Agitador	Turbina 4 paletas rectas, 4 deflec- tores	Acero inoxida ble	3
Bombas	0.5HP	standard	3
Tanque de floculante	1.8 diámetro altura 2.25m	Acero al car- bono.	

4.2.5.6. CONSTRUCCION Y ERECCION DE PLANTA

De preferencia toda esta fase aparte de la misma podría ejecutarse con la misma forma que se desarrolla la ingeniería de detalle y comprende - ría:

Instalación de equipos y tuberías

Instrumentos y material eléctrico serán de acuerdo al diseño de la Ingeniería de Detalle

Aislamiento y Pintura.

4.2.5.7. OBRAS CIVILES

Se considerarán todos los materiales y detalles en el diseño de caminos, drenaje así como también para la estructura de los equipos mayores y menores.

4.2.5.8. PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA

Se estima que las pruebas de equipos y maquinarias se harían desde dos meses antes de realizar el arranque de la planta, según el desarrollo de la construcción.

Se estima que las pruebas de garantía deberán ejecutarse en un período de por lo menos 15 días

siempre y cuando se haya podido evaluar 6 batch en forma continuada. Se tomará especial cuidado en que el proceso sea realizado de acuerdo a las especificaciones de materias primas, servicios industriales y productos terminados.

Los rendimientos de materias primas (consumos unitarios) deberán ser según lo garantizado por la firma de ingeniería.

4.2.5.9. ENTRENAMIENTO DE PERSONAL

El entrenamiento del personal podrá hacerse de preferencia en planta de la firma dueña de la tecnología. Este entrenamiento se estima que puede cubrirse en 40 días-hombre (dos semanas para un ingeniero). En este caso especial se recomienda el entrenamiento del personal en la planta piloto instalada en la Universidad Nacional de Ingeniería, suponiéndose que otros equipos convencionales son de conocimiento del personal.

El plan de entrenamiento debe ser ampliamente expuesto previamente.

El entrenamiento continuará durante toda la etapa de supervisión.

4.2.6. PLANIFICACION Y EJECUCION DEL PROYECTO

El Cuadro N°4.2.5.3.d. muestra un cronograma de las actividades necesarias para la ejecución del proyecto conforme a los lineamientos expuestos en los items 4.2.5.4. al 4.2.5.9.

La duración total desde la Ingeniería básica hasta la puesta en marcha se ha estimado en 18 meses en condiciones normales. El factor determinante del tiempo de adquisición del equipo estará dado en conseguir el equipo de secado ya sea del extranjero o fabricado y diseñado en el País.

4.2.7. PROGRAMA DE PRODUCCION

4.2.7.1. Un cronograma de producción simulado hasta llegar a plena capacidad de la planta proyectada a base del estudio de mercado se muestra en el cuadro que sigue:

CUADRO 4. 2. 7. 1.

REF. CUADRO	MERCADO TOTAL DEL GRAN	
AÑO	PRODUCCION	CAPACIDAD UTILIZADA %
1982	10,000	
1983	11,000	
1984	13,000	100
1985	13,000	100
1986	13,000	100
1987	13,000	100
1988	13,000	100
1989	13,000	100
1990	13,000	100
1991	13,000	100

NOTA.- 100% = 13,000 TM/año nominal.

Se observa que la máxima capacidad de la planta se alcanzará en el año 1984, esto si la planta cubre la demanda del GRAN.

4. 2. 7. ANALISIS DE FLEXIBILIDAD DE LA PLANTA

El tipo de proceso de la tecnología seleccionada ofrece plena flexibilidad tanto para operar la planta a diferentes rangos de su capacidad normal como para producir diversas especificaciones de carbonato de calcio precipitado según las necesidades del merca

do, es decir, operando la planta en unos primeros meses para cubrir el mercado nacional y luego el mercado del GRAN.

4.3.3.3. INGENIERIA

A. INTRODUCCION

En esta sección se desarrolla todo lo correspondiente a requerimiento de materiales y de energía. Luego a partir de estos resultados y los de Planta Piloto (mediante la escalación correspondiente) se determina las capacidades dimensiones y tipos de equipos, así como los accesorios principales para cada fase del proceso.

Los cálculos seguirán un orden que corresponderán al del proceso productivo, es decir, desarrollamos en primer lugar, la alimentación de la materia prima (lechada de cal), luego continuamos con la primera purificación por sedimentación y purga con la segunda purificación por tamizado, en la carbonatación de la lechada de cal y así sucesivamente hasta el almacenaje del producto terminado.

Cada fase comprenderá un balance de material balance de energía, requerimientos unitarios de mate -

riales, energía y servicios industriales, determinación de desechos (si los hubieran). Por último, también se estimarán los tiempos de operación por cada turno y cada fase.

B. BASES GENERALES

B.1. Se considera una labor de 8,000 horas /año

B.2. Se considera turnos de trabajo de 8 horas

B.3. Se realizarán los cálculos para una producción de 13,000 toneladas de carbonato de calcio precipitado, cantidad suficiente para satisfacer la demanda del Mercado Andino.

B.4. Se considera un rendimiento global de carbonato de calcio precipitado con relación a la cal apagada del 110.3% (Ver Diagrama de flujo adjunto).

C. NOMENCLATURA UTILIZADA

La nomenclatura utilizada en el desarrollo de los cálculos de balance de materia y energía, así como con el diseño de los equipos serán incluidas dentro de cada una de las secciones que abarcan la fase de operación correspondiente

D. TRANSPORTE DE MATERIAL

D.1. Bases y Datos

- Velocidad de alimentación: 8tn/hora
- Material formado por partículas pulverizadas
- El peso específico del material es 2.2.
- Se elevará el material a una altura de 8m.
- El ángulo máximo de reposo del material es 20°.

E. PURIFICACION Y CONCENTRACION

E.1. Bases

- Cada unidad de purificación y concentración, trabajará en tres turnos al día.
- Cada unidad purificación y concentración, será un tanque cilíndrico, con una base cónica teniendo el cono una generatriz con un ángulo de inclinación de 45°.
- El volumen neto de cada unidad se hallará con $H = 1.2D$.

- El volumen de cada unidad se hallará con $H=1.50$.
- El volumen de cada unidad sólo podrá ser cualquiera de los volúmenes: 10,15,20,25, 30 ó $35m^3$.
- Para determinar el número de unidades, purificación y concentración, se tendrá en cuenta el número neto de cada unidad.
- Presión de operación: 1 atmósfera
- Temperatura de operación: temperatura ambiente.

E.2.Datos de Planta Piloto y Otros

Unidad de Purificación y Concentración

Tipo: Tanque cilindrico con base cónica
(generatriz del cono a 45°)

Diámetro: 0.84m

Altura (H): 2.00m

Espesor: 0.25pulg.

Material: Tanque de fierro negro revestido interiormente con resina poliéster reforzada.

Agitador

Tipo: De cuatro paletas rectas

Diámetro: 0.25m

Material: Acero Inoxidable 304

Materiales de Entrada

Cal apagada 50kg/lt

Agua 600lt.

Tiempo que duró cada lote o batch de purificación y concentración: 40 minutos.

El tiempo representa el necesario para la sedimentación de las impurezas, así como para concentrar la cal apagada de 80 a 120gr/lt en forma simultánea. (ver en el anexo el Gráfico S-3).. En este tiempo no se considera la carga ni la descarga de material.

E.3. Balance de Materia (Base: Requerimiento del Mercado Andino)

Nomenclatura

CA	cal apagada (ton/día)
LCP	lechada de cal purificada
AGE	agua blanda de entrada al tanque de purificación
AGS	agua blanda de salida del tanque de purificación

IMP	Impureza de la primera purificación
IMP-1	Impureza sólida en el IMP
IMP-2	Impureza líquida en el IMP
ICP-1	Parte sólida en el LCP
ICP-2	Parte líquida en el LCP
VRI	Volumen real del tanque de purificación
VNI	Volumen neto del tanque de purificación
VLC	Volumen de lechada de cal al iniciarse la sedimentación.

Base: Requerimiento para mercado andino.

Ecuación General:

ENTRADA - SALIDA + GENERACION = ACUMULACION

Del Balance Global: $CA + AGE - IMP - AGS = LCP$ (E.3.1)

De la cal apagada: $CA - IMP1 = LCP1$ (E.3.2)

Donde $LCP = LCP1 + LCP2$ (E.3.3)

$IMP = IMP1 + IMP2$ (E.3.4)

De los resultados de Planta Piloto:

$$\frac{AGE}{CA} = 12.0 \quad (E.3.5)$$

$$IMP1 = 0.10 CA \quad (E.3.6)$$

$$\frac{IMP1}{IMP2} = 0.20 \quad (\text{Concentración } 0.182 \text{ gr de sólido/lit. de sedimentación}) \quad (E.3.7)$$

Ver en el Anexo del gráfico S-4)

$$\text{AGS} = 0.38\text{AGE} \quad (\text{Para asegurar una concentración de } 120\text{gr/lit en la carbonatación})$$

(E.3.8)

Del requerimiento de material

$$\text{CA} = \frac{13,000}{(8,000)(1.103)} \times 24 = 35.36 \text{ TN/día}$$

De las ecuaciones (E.3.1) hasta (E.3.8) resulta:

$$\text{AGE} = 424.32 \text{ TN/día}$$

$$\text{IMP1} = 3.53 \text{ TN/día}$$

$$\text{IMP2} = 17.55 \text{ TN/día}$$

$$\text{IMP} = 21.07 \text{ TN/día}$$

$$\text{AGS} = 161.56 \text{ TN/día}$$

$$\text{LCP1} = 31.83 \text{ TN/día}$$

$$\text{LCP2} = 245.20 \text{ TN/día}$$

$$\text{LCP} = 277.03 \text{ TN/día}$$

E.4. Determinación del Número de Unidades de Purificación y Concentración considerando las bases del cálculo.

$$\text{VR1} = \frac{\pi D^3}{24} + \frac{\pi D^2}{4} (1.50) = 0.4167\pi D^3 \quad (\text{E.3.9})$$

Luego como VR1 puede ser 10,15,20,25,30 ó 35m³, en (E.3.9):

$$\begin{aligned}
 D_{10} &= 1.969\text{m} & H_{10} &= 2.954\text{m} \\
 D_{15} &= 2.255\text{m} & H_{15} &= 3.382\text{m} \\
 D_{20} &= 2.481\text{m} & H_{20} &= 3.722\text{m} & (E.3.10) \\
 D_{25} &= 2.673\text{m} & H_{25} &= 4.010\text{m} \\
 D_{30} &= 2.840\text{m} & H_{30} &= 4.261\text{m} \\
 D_{35} &= 2.990\text{m} & H_{35} &= 4.485\text{m}.
 \end{aligned}$$

Y los volúmenes netos de cada unidad de Purificación y Concentración lo encontramos de acuerdo a:

$$VN1 = \frac{\pi D^3}{24} + \frac{\pi D^3}{4} (1.2D) = 0.39167\pi D^3 \quad (E.3.11)$$

$$\begin{aligned}
 VN1_{10} &= 8.194\text{m}^3 \\
 VN1_{15} &= 12.308\text{m}^3 \\
 VN1_{20} &= 16.392\text{m}^3 & (E.3.12) \\
 VN1_{25} &= 20.500\text{m}^3 \\
 VN1_{30} &= 24.587\text{m}^3 \\
 VN1_{35} &= 28.693\text{m}^3
 \end{aligned}$$

Como la unidad de la lechada de cal a la concentración de 80gr/lit es 1.044 gr/cm³.

$$VLC = \frac{(35.36 + 424.32)}{1.044 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \text{ TN/día} = 440\text{m}^3/\text{día} \quad (E.3.13)$$

Luego $440\text{m}^3/\text{día}$ es el número de lechada de cal a purificar y concentrarse por día y si cada unidad operara dos veces por turno, entonces la cantidad de unidades necesarias, lo hallamos dividiendo VLC entre los diversos volúmenes netos, entre 2 y entre el número de turno que se trabajará, es decir: 3.

Ejemplo de cálculo:

¿Cuántas unidades de 15m^3 se necesitan para purificar y concentrar la cal apagada, operando dos lotes cada turno y realizando tres turnos al día?

$$\text{Número de tanques} = \frac{440}{12.308} \times 2 \times 3 = 5.96$$

El costo de los tanques se halla de:

$$\frac{C_{15}}{C_{10}} = \left(\frac{\text{VRI}_{15}}{\text{VRI}_{10}} \right)^{0.46} \quad \text{Referencia Bibliográfica(4)}$$

donde asumimos como base $C_{10} = C_0$

El tiempo de cada batch o lote lo determinamos a partir del (ver en el anexo del Gráfico S-3) de "escalamiento del tiempo en sedimentación".

Con ayuda de los datos anteriores se ha construido el anexo (E.4.) de éstos y el tiempo de una operación batch.

Analizando esta tabla nos podemos dar cuenta que la alternativa es la de 30m^3 .

Luego trabajando tres turnos al día y dos lotes por turno se requieren tres tanques. Siendo el tiempo de cada operación batch de 3 horas y 9 minutos.

Características de cada unidad:

Número de Unidades: 3

Dimensiones: H= 4.261m,

D= 2.84m

Capacidad Real: 30m^3

Capacidad Neta: 24.587m^3

Alimentación a cada Unidad

Cal apagada: 1.964 Ton/turnoxtanque x lote

Agua. 23.57ton/turnoxtanquexlote.

F. OPERACION DE TAMIZADO

F.1. INTRODUCCION

Esta segunda operación de purificación de la materia prima (lechada de cal) se realiza con el fin de eliminar su contenido de sílice, así como de asegurar un tamaño máximo de la partícula de cal apagada. Esta operación se realiza con una malla # 325 a través de la cual se hace fluir la lechada de cal a una concentración aproximadamente de 120gr/lit.

Esta operación se realiza inmediatamente después de un batch de la primera purificación y concentración simultánea, por lo que el flujo de lechada de cal sería 15.4Tn por turno, por lote y por tanque. Por tanto, esta operación también se realiza en tres turnos al día y en dos operaciones batch por turno.

F.2. DATOS DE PLANTA PILOTO Y OTROS

Unidad de Purificación por Tamizado

- Tipo: Tanque cilíndrico, enbridado en ambos extremos, en cuyo interior exis

te un tubo cónccéntrico, cuyo tope termina en la brida y cuya base es cerrada . Este tubo se encuentra lleno de agujeros de 3mm de diámetro y recubierto en toda su superficie por una malla de #325. Este equipo posee una entrada en la base y dos salidas, una en el tope y otra en la base:

- Diámetro: Del tubo exterior:6.28m
Del tubo interior:0.21m
- Altura: Del tubo exterior = 0.70m
Del tubo interior = 0.49m
- Espesor: Del tubo exterior = 0.25"
del Tubo interior 0.25"
- Material:
Del tubo exterior: fierro negro
Del tubo interior: poliester reforzado
con fibra de vidrio
De la malla: Acero inoxidable
- Area de la Malla expuesta: $0.358m^2$

Materiales de Entrada:

Lechada de cal(LCP) = 391.7kg

Concentración de(LCP) = 123gr/lit

Flujo del LCP = 8.41Tn/hrm²

F.3. Balance de Materia

Base: Requerimiento del Mercado Andino.

Nomenclatura:

RES Residuo proveniente de la unidad de tamizado Ton/día

RES1 Sólido presente en el RES

RES2 Líquido presente en el RES

LCT Lechada de cal saliendo de la unidad de tamizado

LCT1 Sólido presente en el LCT

LCT2 Líquido presente en el LCT.

ECUACION GENERAL:

ENTRADA - SALIDA + GENERACION= ACUMULACION

$$\text{Global: } LCP - LCT - RES = 0 \quad (\text{F.3.1})$$

$$\text{Sólido: } LCP1 - LCT1 - RES1 = 0 \quad (\text{F.3.2})$$

$$\text{donde: } LCP = LCP1 + LCP2 \quad (\text{F.3.3})$$

$$LCT = LCT1 + LCT2 \quad (\text{F.3.4})$$

$$RES = RES1 + RES2 \quad (\text{F.3.5})$$

De los resultados de Planta Piloto:

$$\frac{RES1}{LCP1} = 0.60 \quad (\% \text{ de pérdida}) \quad (F.3.6)$$

$$\frac{RES1}{RES2} = 0.20 \quad (\text{Concentración del residuo}) \quad (F.3.7)$$

Del Balance de Materia anterior:

$$LCP1 = 31.83 \text{ Tn/día} \quad (F.3.8)$$

$$LCP2 = 245.20 \text{ Tn/día} \quad (F.3.9)$$

De las ecuaciones F.3.1 hasta F.3.9 resulta:

$$LCP = 277.03 \text{ Tn/día}$$

$$RES = 11.52 \text{ Tn/día}$$

$$LCT = 265.51 \text{ Tn/día}$$

$$LCT1 = 29.91 \text{ Tn/día}$$

$$LCT2 = 235.60 \text{ Tn/día}$$

Pero el flujo de lechada de entrada por turno, por tanque y por operación batch será:

$$LCP = 277.03 \text{ Tn/día}$$

tres turnos al día x 6 unidades
x 2 batch

$$LCP = 7.7tn / (\text{turno} \times \text{unidad} \times \text{batch})$$

Por tanto, para un área de malla de $2m^2$ es suficiente considerar el flujo obtenido en Planta Piloto de $16.83Tn/h$

De aquí el tiempo que demorará la operación batch será:

$$\text{Tiempo de tamizado} = \frac{7.70Tn}{16.83tn/h} = 27 \text{ min}$$

Por tanto: Esta es una operación de 3 turnos al día, en 2 lotes por turno, con un número de unidades igual a 6.

Dimensiones de la Unidad:

Diámetro: Tubo exterior: 0.67m

Tubo interior: 0.50m

Altura: Tubo exterior: 1.60m

Tubo interior: 1.16m

Malla # 325 de Acero inoxidable, de $2m^2$ de área

Capacidad: $8.41Tn/h m^2$

Alimentación:

Flujo de lechada de cal:

$7.70Tn / (\text{turno} \times \text{unidad} \times \text{batch})$.

G. CARBONATACION DE LA LECHADA DE CAL

G.1. BASES

- Cada unidad de carbonatación realizará 3 turnos al día
- El volumen neto de cada reactor se determinará con $H = 2D$
El volumen real de cada reactor se determinará con $H = 2.2D$
- El número de batch por turno y el número de unidades de carbonatación, para una capacidad total determinada (Demanda del Mercado Andino) dependerá principalmente de los requerimientos de transferencia de calor para mantener en el reactor una temperatura determinada.

G.2. DATOS DE LA PLANTA PILOTO Y OTROS

Unidad de Carbonatación:

Tipo: Tanque de forma cilíndrica con base semiesférica, enchaquetado exteriormente.

Diámetro: 0.62m

Altura (H) 1.24m

Material: De acero inoxidable 304 y el enchaquetamiento de fierro negro. Entre éstas dos paredes existen láminas directoras para dirigir el agua de enfriamiento.

Espesor: Acero inoxidable: 3/16plg
Fierro negro: 1/4plg

Agitador:

Tipo: Rodete de 4 paletas rectas

Diámetro: 0.20

Material: Acero inoxidable 304

Velocidad: 400 rpm

Potencia del motor: 1.5

Placas Deflectoras:

Número: 4

Ancho: 0.05m

Espesor: 0.30cm

Material: Acero inoxidable 304

Distribuidor del dióxido de carbono

Tipo: Anillo circular hecho con tubería de 1 pulgada y perforada en toda la periferia

Diámetro: 0.30m

Materiales de Alimentación

Sólidos en la lechada de cal: 42.3kg
/lote

Porcentaje de pureza de Ca(OH)_2 en
el sólido: 91%

Volumen neto de la mezcla de reacción: 350lt/lote

Flujo de CO_2 : 430 gr/min.

Experimentalmente se ha determinado en planta piloto que la reacción de carbonatación procede en forma completa. Así también se determinó los parámetros principales y el rango entre los cuales se les debe fijar para llevar a cabo la reacción en forma óptima. También se ha fijado la concentración de la lechada de cal, el flujo de CO₂ máximo para evitar la pérdida de CO₂. La velocidad del agitador necesaria para mantener la suspensión suficientemente agitada, evitando también la fuga de CO₂. Así también se ha determinado las características geométricas óptimas para el reactor y el sistema de agitación, incluido las placas de flectoras.

G.3. BALANCE DE MATERIAL

Los flujos de entrada al reactor de carbonatación son:

El flujo de lechada de cal purificada:

$$LCT = 265.51 \text{ Tn/día}$$

Siendo su contenido de sólidos:

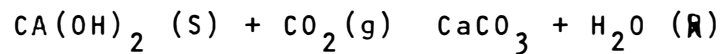
LCT1 = 29.91 Tn/día, que comprende a las siguientes sustancias:

Ca(OH)_2	27.22TN/día
CaCO_3	2.51TN/día
Mg(OH)_2	0.18TN/día

Y su contenido de líquido (agua):

$$\text{LCT2} = 235.6\text{TN/día}$$

La ecuación de la reacción de carbonatación de la cal apagada es:

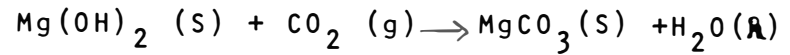


reacción que llega al equilibrio termodinámico, equilibrio en el cual, la reacción se encuentra totalmente desplazada hacia la derecha, por lo que la reacción es completa.

Por tanto, al final de la reacción el carbonato de calcio que existía al inicio más el formado como producto de la reacción:

$$\text{CC} = 2.51 + 27.22 \times \frac{100}{74} = 2.51 + 36.78 = 39.29\text{Tn/día}$$

De igual forma se realiza la siguiente reacción:



Siendo el total de carbonato de Magnesio formado de:

$$\text{CM} = 0.18 \times \frac{84.32}{68.32} = 0.22 \text{Tn/día}$$

Finalmente, el agua presente en la suspensión al final de la reacción será igual a la que existía inicialmente, más la que se forma como producto de la reacción.

$$\begin{aligned} W &= 235.6 + (27.22) \times \frac{18}{74} = 235.6 + 6.62 = \\ &= 242.22 \text{Tn/día} \end{aligned}$$

Por tanto la lechada de carbonato de calcio al final de la reacción será:

$$\text{LCC} = \text{CC} + \text{CM} + \text{W} = 39.29 + 0.22 + 242.22$$

$$\text{LCC} = 281.73 \text{ Tn/día}$$

y la cantidad total de CO_2 consumida:

$$27.22 \times \frac{44}{74} = 16.22 \text{Tn/día}$$

Como la densidad de la lechada de carbonato de calcio en la concentración de 154gr/lit es 1.097gr/cm³.

$$V_{LCC} = \frac{281.73 \text{ Tn/día}}{1.097 \text{ Tn/día}} = 256.82 \text{ m}^3$$

G.4. BALANCE DE ENERGIA

G.4.1. Planteamiento del Problema y de las Ecuaciones .

El Balance de Energía Global está

Dado:

Energía en la corriente de entrada -
Energía en la corriente de salida +
Energía de los alrededores = Energía
Acumulada en el Reactor.

Pero, para nuestro caso específico, en el cual no existe producto de salida, un reactante está presente en el reactor y la temperatura es controlada por la corriente de alimentación (CO₂), el balance de Energía Global se reduce a (Referencia 5):

$$G_0 C_p (t_0 - T_1) + U A_h (\text{LMTD}) = \frac{\Delta H}{M} r V + M_t C_v \frac{dT}{dt}$$

(G.4.1.1.)

donde: T : Temperatura en la reacción (°K)

G₀ Flujo de CO₂ en kg/h

C_p Calor específico del CO₂ en Kcal /kg°C

ΔH Calor de reacción estándar en Kcal/kg de CO₂

r Velocidad de reacción con kg/hxm³

V Volumen de la mezcla de reacción

M_t Masa total del reactor en el tiempo t en Kg

C_v Calor específico de la mezcla de reacción

U Coeficiente global de transferencia de calor Kcal/hm²°C

A_h Area de transferencia de calor en m²

LMTD: Media logarítmica de la diferencia de temperatura.

De acuerdo a los datos de las corridas en Planta Piloto, el control de temperatura es crítico ya que la velocidad de reacción es bastante rápida, con respecto a la velocidad de la

transferencia de calor. Por lo tanto, el factor que determinará el diseño es la velocidad de intercambio de calor con los alrededores (chaqueta de enfriamiento), la velocidad de alimentación del gas dióxido de carbono y en menor grado de temperatura de alimentación del gas.

De los resultados de Planta Piloto:

Para una concentración de lechada de cal de 120gr/lt, una relación de flujo de CO_2 /volumen de reacción menor de $1.7\text{gr}/\frac{\text{min}}{\text{lt}}$ y un grado de agitación de $(\frac{2083}{\text{Volumen de la Reacción}})^{1/4}$

donde el grado de agitación está en rpm y el volumen de la reacción en litros, se cumple que:

1. La velocidad de reacción con respecto a la concentración de cal apagada es de orden cero.
2. La constante de la velocidad de reacción (k) depende principalmente del flujo de alimentación del dióxido de carbono, así como de la temperatura de reacción (k disminuye con el aumento de temperatura).

$$3. \quad r = K = \frac{G_o}{\text{Volumen de reactor}} \quad (\text{G.4.1.2})$$

4. Las pérdidas de dióxido de carbono son despreciables

Por lo tanto podemos reemplazar la expresión (G.4.2) en (G.4.1), donde:

$$M_t C_u \frac{dT}{dt} = G_o C_p (T_o - T_i) + U A h (LMTD) - \frac{4H}{M} G_o \quad (\text{G.4.1.3})$$

La velocidad de transferencia de calor debe ser suficiente para prevenir que la temperatura exceda los 35°C. Por tanto en 35°C, dT/dt en la ecuación (G.4.3.) será cero. El agua de enfriamiento que circula a través de la chaqueta que rodea al reactor mantendrá la temperatura constante.

Además, en el inicio de la adición de CO_2 , el último término en la Ecuación (G.4.3), el cual es positivo para una reacción exotérmica, será mayor que la suma del primer y segundo término, y la temperatura de la suspensión se incrementará. Desde un punto de vista práctico este período de calentamiento se reducirá a un mínimo por el **cerrado** del flujo de agua de enfriamiento hasta que la temperatura alcance los 35°C.

De lo explicado para determinar el área de transferencia de calor requerida la Ecuación (G.4.3.) puede ser usada cuando la temperatura es 35°C y $dT/dt = 0$. Así:

$$UA_h(\text{LMTD}) = \frac{-\Delta H_{35^{\circ}\text{C}}}{M} G_o + G_o C_p (T_o - T_i) \quad (\text{G.4.1.4})$$

Donde:

$$\Delta H_{35^{\circ}\text{C}} = \frac{-27.021 \text{Kcal}}{\text{KmolCa(OH)}_2} = \frac{-27.021 \text{Kcal}}{\text{KmolCO}_2}$$

(Anexo G.4.1.1.A)

$$Y \quad C_p(T_o - T_i) = \frac{-133.8 \text{Kcal}}{\text{KmolCa(OH)}_2} = \frac{-133.8 \text{Kcal}}{\text{KmolCO}_2}$$

(Anexo G.4.1.1.B)

$$C_p(T_o - T_i) = -3.04 \text{Kcal/kgCO}_2$$

Reemplazando en (G.4.1.3)

$$UA_h(\text{LMTD}) = \frac{27.021}{44} G_o - 3.04 G_o \quad G_o \text{ Kg/h}$$

$$UA_h(\text{LMTD}) = 611 G_o \quad \text{Kcal/h}$$

Del anexo (G.4.1.2) obtenemos los valores de

$$U = 300 \frac{\text{Kcal}}{\text{hm}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C}} \quad \text{y } (\text{LMTD}) = 8.41^{\circ}\text{C}.$$

Por tanto, reemplazando estos valores en la ecuación anterior, obtenemos el área requerida para transferencia de calor.

$$A_h = \frac{611G_o}{U(LMTD)} = \frac{611G_o}{300 \times 8.41} = 0.242G_o$$

$$\delta G_o = 4.13A_h \quad (G.4.1.5)$$

que viene a representar el flujo máximo, al cual el CO₂ puede fluir para mantener una temperatura de 35°C en el reactor teniendo un área de transferencia de calor de Ahm².

G.4.2. Determinación del Número de Batch por Turno y del Número de Unidades de Carbonatación

Se realizará varios tanteos con diferentes juegos de número de batch por turno y número de unidades de carbonatación, para luego examinar la mejor de las posibilidades.

Se mostrará un ejemplo de cálculo:

Fijamos: Número de batch por turno:

Número de unidades de carbonatación: 3

Tiempo disponible para un proceso
de carbonatación total: 2 horas.

Calculamos:

- Volumen de cada unidad de carbonatación

$$= \frac{\text{Volumen Total de Reacción}}{N_{\text{turno}} N_{\text{batch}} N_{\text{unidades}}}$$
$$= \frac{VLCC}{3 \times 4 \times 3} \frac{256.82 \text{m}^3}{36} = 7.13 \text{m}^3$$

- Diámetro de la unidad de carbonatación:

Como: $H = 2D$

Entonces: $V = \frac{\pi D^3}{12} + \frac{\pi D^2}{4} (2D)$

y $D = 0.8172V^{1/3} = 0.8172(7.13)^{1/3} = 1.57 \text{m}$

- Area de la Unidad de Carbonatación (Ah)

Como: $H = 2D$

$$AH = \frac{\pi D^2}{2} + \pi D(2D)$$

$$Ah = 7.854D^2 = 7.854(1.57)^2 = 19.44 \text{m}^2$$

- Flujo de CO₂ requerido:

De la ecuación (G.4.15)

$$Go = 4.13Ah = 4.13 \times 19.44 = 80.30 \text{ kg/h}$$

Tiempo necesario para la carbonatación(t)

$$t = \frac{\frac{44}{74} \times (\text{Peso de Ca(OH)}_2/\text{unidad})}{G_0}$$

$$t = \frac{44/77(27.220/36)}{80.30} = 5.60\text{horas}$$

De igual forma se procede con un nuevo juego de valores para el número de batch por turno y número de variedades de carbonatación. El resultado de estos cálculos se presenta como cuadro en el (Anexo G.4.2.1).

Del cuadro mencionado observamos que a mayor número de unidades y a un menor número de batches por turno, se consigue un tiempo de reacción cada vez menor, comparado con el tiempo disponible para la operación. Así se tiene que sólo para la octava alternativa la operación es factible, ya que el tiempo de reacción total es 7.06 horas, el cual, es menor que el tiempo disponible (8 horas).

Por lo expresado, seleccionamos para el proceso de carbonatación:

Número de batch por turno: 1

Número de unidades de carbonatación: 6

Además:

Diámetro interno: 1.98m

Volumen neto: 14.27m³

Volumen real por reactor

$$H = 2.20$$

$$V = 1.99D^3 = 1.99(1.98)^3 = 15.45m^3$$

Tiempo de Reacción: 7.06horas

Flujo de CO₂ :127.43kg/h

Flujo de agua de enfriamiento (W) =

$$\frac{\text{Flujo de Calor Liberado}}{C \Delta T}$$

$$W = \frac{611G_o}{C_p \Delta T} = \frac{611 \times 127.43}{(1)(28-25)}$$

$$W = 25.953Kg/h \quad (114gpm)$$

G.4.3. Cálculo del Tiempo Necesario para Elevar la Temperatura de Reacción desde su Valor Inicial de 25°C a 35°C

Puede ser obtenido por integración de la Ecuación (G.4.1.3) con el flujo de agua de enfriamiento cerrado, el término

UAh(T-Ts) es despreciable y la expresión se transforma en:

$$\int_{20}^{35} \frac{(-\Delta H/M) G_o + G_o C_p (T_o - T_i)}{(M_o + G_o t)} dt = \int_0^t (M_o + G_o t) C_v$$

donde: M_t ha sido reemplazado por $M_o + G_o t$

M_o Masa total inicial = 147.50kg

C_v Calor específico de la mezcla de reacción = 0.9041 Kcal

$-\Delta H$ Calor de Reacción Promedio

$$= 26.916 + 27.021 =$$

$$= 26.968 \text{ Kcal/Kmol}^\circ\text{C}$$

C_p Calor específico promedio del CO_2 :

$$0.2027 \text{ Kcal}$$

Integrando la expresión anterior:

$$- \frac{1}{G_o C_p} \ln \frac{127.43 \times 26.968 / 44 - 127.43 \times 0.2027 (10)}{127.43 \times 26.968 / 44 + 127.43 \times 0.2027 (5)}$$

$$= 127.43 \times 0.9041 \ln \left(\frac{147.50 + 127.40 t}{14750} \right)$$

$$t = 2.59 \text{ h} = 155 \text{ minutos}$$

G.4.4. Resultados

En resumen, los resultados para los requerimientos del mercado andino son:

Batería de 6 reactores, que trabajan en un sólo batch por turno, y tres turnos al día.

Características de un Reactor

- Volumen Real: 15.45m^3
- Volumen neto: 14.27cm^3
- Diámetro Interno: 1.98m
- Altura Total: $0.99 + 2.2(1.98) = 5.35\text{m}$

Flujo de CO_2 por batch: 127.43kg/h

Flujo de Agua de enfriamiento por batch =
25.953Kg/h

Tiempo total de la reacción de un batch = 7.06
horas

Para las demás dimensiones, se le debe afectar a las dimensiones del reactor de Planta Piloto por la razón de semejanza: $R = (1.98/0.62) = 3.2$.

Así, el diámetro del rodete: $0.20 \times 3.2 =$
0.64m.

H. OPERACION DE LAVADO

H.1. Bases

- Se trabajará 3 turnos al día
- Cada unidad de lavado, será un tanque cilíndrico con una base cónica, teniendo el cono una generatriz con un ángulo de inclinación de 25° con la horizontal
- El volumen neto de cada unidad se hallará con $H=0.50$
- El volumen real de cada unidad se hallará con $H = 0.60$
- El volumen de cada unidad sólo podrá ser cualquiera de los volúmenes : 10,15,20,25,30 ó 35m^3
- Para determinar el número de unidades, se tendrá en cuenta el volumen neto de cada unidad
- Presión de operación, atmosférica
- Temperatura de Operación
Temperatura ambiente

H.2. DATOS DE PLANTA PILOTO Y OTROS

Unidad de Lavado

Tipo: Tanque cilíndrico con base cónica, con una generatriz a un ángulo de 25° con la horizontal.

Diámetro: 1.24m

Altura(11) : 0.62m

Espesor: 0.125plg

Material: tanque de fierro negro revestido interiormente con resina poliester, reforzada

Materiales de Entrada:

Carbonato de Calcio 55.6kg/lote

Agua = 342.5kg/lote

Carbonato de Magnesio
y otros = 0.3kg/lote

Lechada de carbonato=398.4kg/lt

Volumen de la lechada de carbonato = 363 lt.

Esta operación que se realiza con la finalidad de eliminar el $MgCO_3$ y los restos de $Ca(OH)_2$ que no ha reaccionado, consta de los siguientes pasos:

- La concentración de la lechada de carbonato de calcio precipitado se lleva a 100 gr/lit mediante la adición de agua blanda.
- Sedimentación de la suspensión de carbonato de calcio precipitado como ayuda del floculante MAG, hasta una concentración de 449gr/lit(Ver en el anexo el Gráfico L-1)
- Retiro o decantación del agua sobrenadante.

Todas estas operaciones se repiten 3 veces más.

De las experiencias realizadas, se determinó el cuidado que debe tenerse con respecto a la cantidad de floculantes que debe añadirse y a la velocidad de giro del agitador, para formar un flóculo que acelere la velocidad de sedimentación y evitar en todo instante su ruptura posterior.

En los siguientes cálculos no se requiere el Balance de Energía, pues no necesitamos calor adicional en esta fase.

H.3. BALANCE DE MATERIAL

Las cantidades de entrada al tanque lavador por día de operación son:

El flujo de lechada de carbonato de calcio precipitado: LCC = 281.73Ton y su flujo volumétrico: VLCC = 256.82m³.

Siendo su contenido de sólidos: 39.51Ton, que comprende a las siguientes sustancias:

CaCO ₃	39.29Ton
MgCO ₃	0.22Ton

y su contenido de líquido (agua) = 242.22Ton

Para llevar esta suspensión a una concentración de 100gr/lt (0.1 Ton/m³) se le debe agregar de agua:

$$\frac{39.29\text{Ton}}{0.1\text{Ton/m}^3} - 256.82 = 136.08\text{m}^3$$

Obteniendo con esto un volumen de la suspensión a 100gr/lt de: 256.82 + 136.08 = 329.9m³ suspensión que luego de sedimentar totalmente, y retirar el agua queda a una concentración de 449gr/lt (0.449Ton/m³).

En el segundo lavado, la cantidad de agua que se le debe añadir es de:

$$\frac{39.29\text{Ton}}{0.1\text{Ton/m}^3} - \frac{39.29\text{Ton}}{0.449\text{Ton/m}^3} = 392.9 - 87.5 = 305.4\text{m}^3$$

que será la misma cantidad para el tercer y cuarto lavado.

Entonces la cantidad total de agua de lavado empleada por día de operación será:

$$136.08 + 3(305.4) = 1,052.3\text{m}^3$$

y el flujo de salida será:

Sólidos (CaCO_3)	39.08 Ton/día
Agua	87.04 Ton/día
Suspensión	126.12 Ton/día

Determinación del número de tanques lavadores.

$$\text{Volumen real del tanque} = \frac{1}{3} \left(\frac{\pi D^2}{4} \right) (0.29D) + \left(\frac{\pi D^2}{4} \right) (0.6D) = 0.5472D^3$$

Luego como el volumen real puede ser 10, 15, 20, 25, 30 ó 35m^3 .

$D_{10} = 2.630$	$H_{10} = 1.580$
$D_{15} = 3.015$	$H_{15} = 1.809$
$D_{20} = 3.319$	$H_{20} = 1.991$
$D_{25} = 3.575$	$H_{25} = 2.145$
$D_{30} = 3.799$	$H_{30} = 2.279$
$D_{35} = 4.000$	$H_{35} = 2.400$

Y los volúmenes netos correspondientes son:

$$VN = \frac{1}{3} \left(\frac{\pi D^2}{4} \right) (0.29D) + \left(\frac{\pi D^2}{4} \right) (0.5D)$$

$$VN_{10} = 8.525 \text{ m}^3$$

$$VN_{15} = 12.844 \text{ m}^3$$

$$VN_{20} = 17.133 \text{ m}^3$$

$$VN_{25} = 21.412 \text{ m}^3$$

$$VN_{30} = 25.694 \text{ m}^3$$

$$VN_{35} = 29.992 \text{ m}^3$$

Luego calcularemos el número de unidades necesarias para cada capacidad de tanque, de acuerdo a:

$$N = \frac{\text{Volumen Total}}{N_{\text{turnos}} \times N_{\text{batch}} / \text{turno} \times \text{Volumen Neto del tanque}}$$

$$N = \frac{392.9 \text{ m}^3}{3 \times N_{\text{batch}} \times V_{\text{Neto}}}$$

Y de igual forma que en el acápite E.4. se cálcula los costos tomando como referencia el costo de un tanque de un volumen de 10m^3 . Además, se determina el tiempo que demora los lavados con ayuda del gráfico (L-1). Todos estos resultados son - tabulados en el Anexo (H.3.1.). Por comparación de las varias alternativas y tomando en cuenta el tiempo que demora la operación así como el costo de las unidades se selecciona la alternativa N°4.

Por lo tanto:

Número de batch por turno: 2

Número de unidades de lavado: 3

Tiempo que demora la operación de lavado: 2hr 40 minutos.

UNIDAD DE LAVADO

Capacidad real	25m^3
Capacidad neta	21.4m^3
Diámetro	3,575m
Altura(h)	2.145m

Alimentación para una Unidad de Lavado

Lechada de Carbonato de Calcio	15.652Ton
Sólidos en la Lechada	2.195Ton
Agua blanda total de lavado	58.46Ton

I. SECADO

I.1. INTRODUCCION

Una vez lavado el carbonato de calcio precipitado, la siguiente fase consiste en el secado de ésta. El proceso incluye un secado por atomización que será continuo. Al igual que en los pasos anteriores, todos los cálculos que se realizan, tendrán como base los resultados determinados a nivel de Laboratorio y Planta Piloto.

Así mismo, el secado se realiza de tal manera que el porcentaje de humedad y el tamaño de la partícula del Carbonato de Calcio Precipitado estén acordes con la especificación deseada.

1.2. BALANCE DE MATERIA (Base: Requerimientos del Mercado Andino)

Se tiene en la Alimentación:

Porcentaje de Sólidos = 31%

Temperatura = 20°C

Flujo = $LW=126.12Tn/día$

Producto:

Porcentaje de humedad = 0.6%

Flujo = $39.23Tn/día$

Y se tiene las siguientes relaciones:

$$BN = SD + HW \quad (1.2.1)$$

$$0.31LW = SD + PF \quad (1.2.2)$$

$$AS = PF + AD + HW \quad (1.2.3)$$

$$PF = 0.002(0.31LW) \quad (1.2.4)$$

Para una humedad del 0.6% del producto final:

$$\frac{HW}{SD+HW} = 0.006 \quad (1.2.5)$$

Del balance para el agua:

$$0.69LN = NH + HW \quad (1.2.6)$$

Donde:

- LW Flujo de alimentación con 35% de sólidos, tn/día
- SD Carbonato de calcio seco con 0% de humedad
- HW Humedad en el carbonato de calcio precipitado. Luego del secado, ton/día
- BW Carbonato de calcio precipitado con 0.6% de humedad en ton/día
- AS Aire de secado a la salida del secador, ton/día ($m^3/día$)
- PF Polvos finos de pérdida
- NH Agua evaporada en el secado, Ton/día
- AD Aire que ingresa al secador, Ton/día ($m^3/día$)

Resolviendo:

De 1.2.4 DF = 0.08 Ton/día

De 1.2.2. SD = 39.00 Ton/día

De 1.2.5. HW = 0.235 Ton/día

De 1.2.1. BW = 39.235 Ton/día

De 1.2.6. WH = 86.8 Ton/día

1.3. BALANCE DE ENERGIA Y REQUERIMIENTOS
DE COMBUSTIBLE (Base: Necesidades
del Mercado Andino)

Las especificaciones del aire que entra
al secado deben ser las siguientes:

Húmedad relativa: Hr : 60%

Temperatura de entrada:

TSE : 205°C (400°F)

Temperatura de Salida:

TSS : 93°C (200°F)

Por otro lado, se dispone de aire ambiente
con temperatura de 20°C y húmedad relativa
80%, para el cual de la carta psicométrica
obtenemos los siguientes datos:

Húmedad del Aire a 20°C = Ha = $\frac{0.009 \text{ Ton agua}}{\text{ton aire seco}}$

Entalpía del aire a 20°C = $\Delta H(20^\circ\text{C}, \text{aire seco})$
= 14,444 $\frac{\text{Real}}{\text{Ton Aire}}$

cuando se calienta este aire hasta 205°C, la
húmedad permanece constante, mientras que
existe un incremento en la entalpía.

De la carta psicométrica,
la entalpía del aire a 205°C =

$$\Delta H(205^{\circ}\text{C}, \text{aire seco}) = 59,440 \frac{\text{Kcal}}{\text{Ton aire seco}}$$

Todo secado es teóricamente adiabático, es decir, que no existe pérdidas de calor, pero con el secado por atomización existen pérdidas calóricas que se encuentran en el rango de al 10%. Hemos considerado para nuestro proceso una pérdida del 5%. De tal forma, que después del secado al aire de salida, tiene el siguiente valor:

$$\begin{aligned} \Delta H(93^{\circ}\text{C}, \text{aire seco}) &= 59,440 - 59,440(0.05) \\ &= 56,468 \text{Kcal/ton aire seco} \end{aligned}$$

Como la temperatura de salida del aire de secado es 93°C y su entalpía es 56,468 Kcal/Tn aire seco, de la carta psicométrica hallamos la humedad del aire:

Humedad del Aire de Salida

$$HB = \frac{0.0495 \text{Ton agua}}{\text{Tn aire seco}}$$

De los resultados anteriores podemos calcular:

La cantidad de calor que absorbe el aire:

$$\begin{aligned} \Delta H(205^{\circ}\text{C, aire seco}) - \Delta H(20^{\circ}\text{C, aire seco}) \\ = (59,440 - 14,444) = 44,996 \text{Kcal/ton aire seco} \end{aligned}$$

y la cantidad de agua que absorbe el aire:

$$H_b - H_2 = 0.0495 - 0.009 = 0.0405 \text{Ton de agua/ Ton aire seco}$$

y la relación:

$$\begin{aligned} \frac{H_b - H_a}{\Delta H(205^{\circ}\text{C, aire seco}) - \Delta H(20^{\circ}\text{C, aire seco})} = \\ \frac{0.0405}{44,996} = 9 \times 10^{-7} \text{ ton agua evaporada/Kcal} \end{aligned}$$

$$Q = 1.11 \times 10^6 \text{Kcal/Ton de agua evaporada}$$

Para los requerimientos de aire y energía, tenemos:

Para el aire que ingresa con 60% humedad relativa:

$$AD = \left(\frac{W}{H_b - H_a} \right) + H_a \left(\frac{WH}{H_b - H_a} \right)$$

Y la cantidad de energía requerida para el secado:

$$Q_{req} = Q(WH)$$

Reemplazando valores:

$$AD = \frac{86.8}{0.0408} + (0.009) \left(\frac{86.8}{0.0405} \right)$$

$$AD = 2162.4 \text{ Ton /aire/día}$$

Dado que el volumen específico de este aire a 20°C es igual a 1.11m /kg.

$$AD = 2162.4 \times 1,110 = 2.4 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\text{y } Q_{req} = 1.11 \times 10^6 \times 86.8 = 96.348 \times 10^6 \text{ Kcal/día}$$

Por lo tanto, para la fase de secado:

Suspensión alimentada: 126.12Ton/día (98.3m³ /día).

Carbonato de Calcio Precipitado seco (0.6% humedad): 39.235Ton/día

Aire necesario para el secado (60% Hr)=2167.4 Ton-aire/día , o 2.4x10⁶m³/día

Calor requerido en el secado= 96.3x10⁶Kcal/día.

V. INVERSIONES

CAPITULO V

INVERSIONES

A base de la propuesta recibida por la Empresa Peruana de Metal-Mecánica J.R. y cía. S.A. Ltda. y de otras empresas en equipos e instrumentos adicionales, se ha estimado que el costo de inversión para una planta con capacidad de 13,000 TM/año es de \$/.2'170,000.= incluyendo:

Inversión en Activo Fijo

Gastos pre-operativos

Intereses durante la construcción

Capital de Trabajo.

El Cuadro N°5 muestra el estimado de la inversión en cada uno de estos conceptos.

5.1. INVERSION EN ACTIVOS FIJOS

La inversión total fija adoptada para la Planta de capacidad de 13,000 TM/año es de \$1'671,000 incluyendo:

Equipos y Maquinarias

Obras civiles y Edificios

Montaje y Erección

Repuestos

Otros

5.1.1. EQUIPOS Y MAQUINARIAS

Las inversiones en equipos y maquinarias están determinadas por el costo de todos los equipos y maquinarias especificados en el punto 4.2.5.5.A y que asciende a \$/1'106,000.=

5.1.2. OBRAS CIVILES Y EDIFICIOS

La ubicación elegida para la Planta de Carbonato de Calcio Precipitado permitiría bajo costo en la proporción del terreno y no será necesario considerar áreas adicionales para que maniobren camiones de abastecimientos de materias primas o despachos de producto terminado, ya que estos detalles han sido tomados en cuenta en los cálculos del área del terreno para la Planta.

No se requiere edificios, pues sólo será necesario una área techada y soportes estructurales de concreto armado para los equipos y maquinarias.

CUADRO N° 5

INVERSIONES

	Miles U.S.\$
1. <u>INVERSION FIJA</u>	1'670,
1.1. Equipos y Maquinarias	1'106,
1.2. Obras Civiles y Edificios	115,
1.3. Montaje y Erección	330,
1.4. Supervisión	30,
1.5. Repuestos 1% de 1.1	11,
1.6. Imprevistos 5% de 1.1 a 1.5	79,
2. GASTOS PRE OPERATIVOS	166,
2.1. Ingeniería 13% de 1.1	143
2.2. Licencia y Tecnología	15
2.3. Otros 5% de 2.1+2.2	8
3. INTERESES DURANTE LA CONSTRUCCION	141,
4. CAPITAL DE TRABAJO INICIAL	192,
INVERSION TOTAL	2'170,

La inversión en este rubro llega a \$115,000.

5.1.3. ERECCION Y MONTAJE

Los trabajos de erección y montaje consistirán en instalar los equipos y maquinarias en sus bases estructurales, conexiones entre ellos, conexión de tuberías, eléctricos, etc.

La inversión en este rubro llega a \$330,000.

5.1.4. SUPERVISION DURANTE LA ERECCION Y PUESTA EN MARCHA

Comprende supervisión con personal de Sociedad Paramonga Ltda. S.A. y con personal especializado de la Empresa Suministradora de equipos y tecnología.

Se ha considerado en este rubro una inversión de \$30,000.

5.1.5. REPUESTOS

Incluye un lote de repuestos para los equipos recomendado para un año de operación.

En este rubro la inversión en repuestos, se ha estimado como el 1% de la inversión en equipos y maquinarias.

5.1.6. IMPREVISTOS

Comprende provisiones para contingencias por las inversiones en activos fijos.

Se ha estimado una inversión del 5% de la inversión en los rubros 5.1.1. al 5.1.5.

5.2. GASTOS PRE OPERATIVOS

Son los gastos estimados por Ingeniería y algunos gastos contingentes por el mismo concepto (otros). La inversión total en este rubro se ha estimado en \$ 166,000.

Los gastos pre operativos se consideran amortizables en el período de operaciones de la planta.

INTERESES DURANTE LA CONSTRUCCION

Estos gastos cubiertos con aportes de capital y tam

bién serán amortizados en el período de operaciones de la Planta.

Se ha estimado como tasa para estos intereses el 12%.

5.4. CAPITAL DE TRABAJO

El capital de trabajo asciende a la suma de \$ 192,000. El cálculo de este capital de trabajo se adjunta en el cuadro 5.4.

5.5. REQUERIMIENTOS DE MONEDA NACIONAL Y EXTRANJERA

De acuerdo a la estructura financiera simulada para la inversión se ha estimado los siguientes requerimientos:

5.5.1. ESTRUCTURA FINANCIERA AL EMPEZAR LAS OPERACIONES DE PRODUCCION

El Cuadro 5.5.1. muestra estos cálculos para la producción de 13,000TM/año.

5.5.2. ESTRUCTURA FINANCIERA ANUAL DE LA IMPLEMENTACION DEL PROYECTO

El Cuadro 5.5.2. muestra estos cálculos para la capacidad de 13,000 TM/año

5.5.3. CALENDARIO DE INVERSIONES DE MONEDA NACIONAL Y EXTRANJERA

El cuadro 5.5.3. muestra en forma cronológica los desembolsos respectivos para una capacidad de 13,000 TM/año.

CUADRO 5.4.

CAPITAL DE TRABAJO

	DIAS/365DIAS	US \$/DIA	US\$/AÑO
1. CAJA -BANCO			
1.1. Mano de Obra	30	294.	8,820
1.2. Servicios Industriales	30	1,458.	43,740
1.3. Mant,Lab y Seguros	30	88.5	2,655
1.4. Gastos Grales. y Administ.	30	2,500.	75,000
2. INVENTARIO			
2.1. Materias Primas			
2.2. Cal Apagada	30	1,863.	55,890
2.3. Gas Carbónico	30	170.5	5,115
2.4. Floculante	30	24	720
CAPITAL DE TRABAJO			191,740

CUADRO 5.5.1.

ESTRUCTURA FINANCIERA AL EMPEZAR LAS OPERACIONES DE PRODUCCION (Miles US\$)

ESTRUCTURA RUBROS	MONEDA	CAPITAL PROPIO			PRESTAMO			TOTAL		
		MN	ME	TOTAL	MN	ME	TOTAL	MN	ME	TOTAL
1. INVERSION FIJA		595		595	1076	1076	595	1976	1671	
2. GASTOS PRE OPERATIVOS		166		166			166		166	
3. INTERESES DURANTE LA CONSTRUCCION			141	141				141	141	
4. CAPITAL DE TRABAJO		192		192			192		192	
T O T A L		953	141	1094	1076	1076	953	1217	2170	
% CAPITAL Y DEUDA				50.5		49.5			100	
% MONEDA EXTRANJERA		87	13	100	100	100	44	56	100	

CUADRO 5.5.2.

ESTRUCTURA FINANCIERA ANUAL EN LA IMPLEMENTACION DEL PROYECTO (Miles US\$)

RUBROS	ESTRUCTURA MONEDA	CAPITAL PROPIO			PRESTAMO			TOTAL		
		MN	ME	TOTAL	MN	ME	TOTAL	MN	ME	TOTAL
- 1.5		194	12	206		196	196	194	208	402
- 1.0		759	129	888		880	880	759	1009	1768
T O T A L		953	141	1094	---	1076	1076	953	1217	2170

CUADRO 5.5.3.

CALENDARIO DE INVERSIONES EN MONEDA NACIONAL Y EXTRANJERA (Miles US\$)

RUBROS	A Ñ O S		- 1.5			- 1			TOTAL		
	MONEDA	MN	ME	TOTAL	MN	ME	TOTAL	MN	ME	TOTAL	
1. INVERSION FIJA		108	196	304	487	880	1367	595	1076	1'671	
1.1. Equipos y Maquinarias		59	196	254	163	689	852	221	885	1'106	
1.2. Obras Civiles y Edificios		40		40	75		75	115		115	
1.3. Erección y Montaje					150	180	330	130	200	330	
1.4. Supervisión		10		10	20		20	30		30	
1.5. Repuestos						11	11		11	11	
1.6. Imprevistos					79		79	79		79	
2. GASTOS PRE OPERATIVOS		86		86	80		80	166		166	
2.1. Ingeniería		67		67	76		76	140		140	
2.2. Tecnología		15		15				15		15	
2.3. Otros		4		4	4		4	4		8	
3. INTERESES DE CONSTRUCCION 12% anual)			12	12		129	129		141	141	
4. CAPITAL DE TRABAJO INICIAL					192		192	192		192	
INVERSION TOTAL		194	208	402	759	1009	1768	953	1217	2170	

VI. FINANCIAMIENTO

CAPITULO VI

FINANCIAMIENTO

La adquisición de los activos fijos requeridos para el proyecto se puede hacer con pagos, parte en dólares y parte en soles.

6.1. ESQUEMA DE FINANCIAMIENTO

De acuerdo a la inversión total mostrada en el Cuadro 5 y a las condiciones de financiamiento adoptado se ha proyectado un esquema de financiamiento bajo las siguientes bases:

- a) El 15% del valor F.O.B. de los equipos y el 15% de los servicios al contado.
- b) El 85% restante en 16 cuotas semestrales iguales, la primera de las cuales vencerá a los 21 meses de la fecha de cada embarque de los equipos.
- c) Tasa de intereses del 7 1/2% anual sobre los saldos, a partir de la fecha de los documentos de embarque.
- d) Adicionalmente se ha considerado otros recargos

de financiación locales para totalizar 12% sobre los saldos según las siguientes estructuras:

	%
- Tasa de intereses por financiación extranjera	7.5
- Por aval de COFIDE	1.0
- Por servicios de COFIDE	1.0
- Por contingencias	12.0%

Los resultados se muestran en el cuadro 6.1.
(Esquema del Financiamiento para el Proyecto)

6.2. CALENDARIO DE PRESTAMOS Y AMORTIZACION

De acuerdo a la estructura financiera de inversiones y al esquema de financiamiento se ha elaborado un calendario de préstamos y amortización.

En el cuadro 6.2. se muestra los resultados de los cálculos de préstamos y amortización para el Proyecto.

CUADRO 6.1.

ESQUEMA DE FINANCIAMIENTO

		MM S/. Miles US\$
INVERSION TOTAL SIN GASTOS FINANCIEROS TOTALES		1,341
INVERSION TOTAL CON GASTOS FINANCIEROS TOTALES		2,170
ESQUEMA	TASA DE INTERES	12%
	PERIODO DE PAGOS	8 AÑOS
	PERIODO DE GRACIA	2 AÑOS
	RELACION CAPITAL/DEUDA	50.5/49.5
	CAPITAL	1094
	DEUDA	1076
	TOTAL	2170

CUADRO 6.2.

CALENDARIO DE PRESTAMOS Y AMORTIZACION

	- 1.5	- 1.0	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TOTAL	
1° PRESTAMOS													
Inversión Fija	196	880										1076	
Gastos Pre Operativos	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
Capital de Trabajo	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
TOTAL	196	880										1076	
2° AMORTIZACIONES													
	---	---	24	24	24	24	24	24	28	---	---	196	
	---	---		110	110	110	110	110	110	110	---	880	
TOTAL	---	---	24	134	134	134	134	138	110	110	---	1076	
3° DEUDA ACUMULADA	196	1076	1052	948	784	650	516	382	248	110	---	---	
4° INTERESES PROM.			126	126	110	94	78	62	46	30	13	---	688
5° GASTOS FINANCIEROS DURANTE CONSTRUCCION	---	141	18	18	18	18	18	18	18	15	---	---	141
6° GASTOS FINANCIEROS TOTALES	---	141	147	144	128	112	96	80	64	45	13	---	829
7° APORTES DE CAPITAL	206	888											1094
8° INVERSION TOTAL	402	1768											2170

VII. COSTOS DE OPERACION

CAPITULO VII

COSTOS DE OPERACION

Los cálculos de costos para los 10 años de operaciones se han realizado considerando que ellos no variarán en el tiempo de vida útil del Proyecto.

7.1. COSTOS VARIABLES

El Cuadro 7.1. muestra en detalle los costos variables de producción estimados para el Proyecto.

Estos costos variables unitarios llegan a 25,662 soles por tonelada métrica de producto terminado.

7.2. COSTOS FIJOS

En el Cuadro 7.2. se muestra en detalle los costos de producción estimados para el Proyecto.

Estos costos ascienden a 6,134 soles por tonelada métrica de producto terminado.

7.3. COSTO DE VENTA

El costo de venta del producto para los diez años de vida útil del proyecto se encuentra especificado en el punto 2.61. (cuadro 2.6.1.A) del capital de estudio de Mercado. Siendo 283.7\$/TM para el Perú, 220\$/TM para Chile y, 201.1 y 211.2\$/TM para Venezuela antes y después del año 1984, respectivamente.

7.4. GASTOS ADMINISTRATIVOS

Considerando que estos gastos están basados en el esfuerzo de comercialización y asistencia técnica que significa introducir un producto nuevo en el Mercado, se ha tomado el 4% de las ventas durante los 10 años del Proyecto y se ha prorrateado en partes iguales para cada año, dando un monto total de \$400,000. Esta suma cubriría totalmente la eventualidad de encargar la comercialización de este producto a nivel de Grupo Andino por una firma de prestigio y solvencia.

CUADRO 7.1.

COSTOS VARIABLES

A. MATERIA PRIMA	UNIDAD	COSTO S/./UNIDAD	UNIDAD/ TM	SOLES/TM	MILES SOLES/ AÑO	\$/TM	MILES \$/ AÑO
1. Cal Apagada	TM	15,000	0.9067	13,600	176,800	52.3	680
2. Gas Carbónico	TM	3,000	0.4150	1 245	16.185	4.8	62.3
3. Floculante	Kg	500	0.3500	175	2,275	0.7	8.7
B. SERVICIOS INDUSTRIALES							
1. Energía Eléctrica	KW-h	7.0	76	532	6,916	2.0	26.6
2. Aire	NM ³	0.04	61,000	2,440	31,720	9.4	122.0
3. Agua de Proceso	M ³	15.0	38.0	570	7,410	2.3	28.5
4. Combustible	gal	100	71.0	7 100	92,300	27.3	355.0
5. TOTAL				10,642	138 346	41.0	532.1
C. TOTAL DE COSTOS VARIABLES				25,662	333 606	98.8	1,283.1

CUADRO 7.2.

COSTOS FIJOS

D.	MANO DE OBRA	CONCEPTO	MILES DE SOLES POR AÑO	SOLES/TM	MILES DE \$/AÑO	DOLARES/TM
1.	Supervisión de Día	4 x 720	2,880	221.5	11.1	0.9
2.	Capataces	6 x 600	3,600	276.9	13.8	1.1
3.	Operadores	51 x 420	21,420	1,647.7	82.4	6.3
4.	TOTAL M.O.D.		27,900	2,146.1	107.3	8.3
E.	MANENIMIENTO					
	1% Inversión Fija		4,345	334.2	16.7	1.3
F.	LABORATORIO Y OTROS					
	4H-año + otros	4x420+200	1,880	144.6	7.2	0.5
G.	DEPRECIACION					
	10% Anual		43,446	3,342	167.1	12.9
H.	SEGUROS					
	0.5% Inversión Fija		2,172	167.1	8.4	0.6
I.	TOTAL DE COSTOS FIJOS		79,743	6,134	306.7	23.6
J.	TOTAL DE COSTO DE VENTAS (C+I).		413,349	31,796	1,589.8	122.3

7.5. GASTOS PRE OPERATIVOS

Los gastos pre operativos en que se incurre durante la ejecución del Proyecto y que asciende a \$166,000 será amortizado en 10 años de operación.

7.6. GASTOS FINANCIEROS

Constan de intereses durante la construcción de la Planta y los intereses por saldos de la deuda (Ver cuadro 6.2. para los detalles), los cuales llegan a un total de \$ 829,000. (Cuadro 7.6).

7.7. PUNTO DE EQUILIBRIO (P.E.)

El análisis del punto de equilibrio se determina utilizando la ecuación siguiente:

$$P.E. = \frac{C.F.}{P - C.V.}$$

Donde:

C.F.: Costo fijo total anual = 446,200\$/año

C.V.: Costo Variable unitario= 98.8\$/TM

P Precio del producto por unidad.

CUADRO 7.6.

GASTOS FINANCIEROS
(Miles U.S.\$)

Base: 10 años
Capacidad: 13,000TM/año

1. INTERESES DURANTE LA CONSTRUCCION	141
2. INTERESES POR SALDO DE DEUDA	688
<hr/>	
TOTAL DE GASTOS FINANCIEROS EN 10 AÑOS	829

CONSIDERANDO PARA EL PUNTO DE EQUILIBRIO

	MILES U.S.\$ EN 10 AÑOS DE VIDA DEL PROYECTO	MILES U.S.\$/AÑO
COSTOS FIJOS DE OPERACION	3,067	306.7
GASTOS ADMINISTRATIVOS Y DE VENTA	400	40
GASTOS PRE OPERATIVOS	166	16.6
GASTOS FINANCIEROS (INT.TOTALES)	829	82.9
COSTOS FIJOS TOTALES	4,462	446.2

Considerando que el punto de equilibrio es mayor que la demanda del Perú en el primer año de producción, se tiene que considerar los precios de varios países para su determinación.

Con el fin de ser bastante conservadores en la determinación del punto de equilibrio se toman los precios del Perú y de Venezuela.

Precio en el Perú: 283.7\$/TM

Precio en Venezuela: 201.1\$/TM

Demanda del Perú: 401TM (primer año)

Por tanto, el punto de equilibrio será:

$$PE = \frac{446,200 - (401)(283.7 - 98.8)}{201.1 - 98.8} + 401$$

$$PE = 4,038 \text{ TM/año}$$

VIII. RENTABILIDAD

CAPITULO VIII

RENTABILIDAD

Considerando que el proyecto se ha evaluado para un período de 10 años de vida útil, la rentabilidad se ha determinado a costos y precios constantes y no se ha considerado el efecto de la inflación.

8.1. BASES

8.1.1. Los costos de producción se han mantenido constantes para la vida útil del Proyecto.

8.1.2. Los precios del carbonato de calcio precipitado se han mantenido constantes durante la vida útil del Proyecto.

8.1.3. El mercado de carbonato de calcio precipitado en la Subregión Andina estaría influenciado por los precios de las importaciones del producto desde Brasil ó Inglaterra. El actual precio del carbonato de calcio precipitado es de 180\$ /TM F.O.B., llegando a los usuarios a un valor promedio de 307\$/TM para el Pe

rú y 273 para los demás países.

8.2. ESTRUCTURA DE PRECIOS

La rentabilidad se ha calculado en base a la siguiente estructura de precios:

1, Para ventas Locales

Para uso nacional el precio estimado en cada uno de los 10 años del Proyecto será de 283.7\$/TM.

2. Para ventas de Exportación al Gran

El precio F.O.B. para la exportación de Carbonato de Calcio Precipitado al Mercado del GRAN sería de 210 \$/TM en promedio (para más detalles ver el punto 2.6.1. del Estudio de Mercado).

8.3. DETERMINACION DEL MARGEN BRUTO

En el Cuadro 8.3. se muestra los volúmenes de ventas, costos totales de ventas y márgenes brutos durante 10 años.

El margen bruto oscila de \$458,000 a \$1'211,000 entre el primer y el décimo año.

8.4. DETERMINACION DE LA RENTABILIDAD ECONOMICA

El Cuadro 8.4. muestra los cálculos correspondientes. Las utilidades netas van desde \$401,000 hasta \$1'155,000 entre el primer y el décimo año de operaciones.

Luego de las deducciones de Ley se ha determinado que el flujo de caja varía de \$360,000 a \$690,000. desde el primer al décimo año.

Los flujos de caja permiten una rentabilidad económica de 18% como tasa interna de retorno (TIR).

8.5. DETERMINACION DE LA RENTABILIDAD FINANCIERA

El Cuadro 8.5. muestra el cálculo, el cual da como resultado utilidades netas que van desde \$358,000 a \$1'002,000 entre el primero y el décimo año de operaciones. Luego de las deducciones de Ley se ha determinado un flujo de caja variable desde \$358,000 a 1'002,000 entre el primero y el décimo año. Estos flujos de caja originan una rentabilidad financiera del orden del 34% como tasa interna de retorno (TIR).

CUADRO 8.3..

DETERMINACION DEL MARGEN BRUTO ANUAL DEL PROYECTO
(miles U.S.\$)

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TOTAL	
1. VENTAS (TM)											
. Mercado Nacional	401	423	442	462	482	502	522	542	562	582	4919
Exp. Venezuela	8298	8932	9566	10200	10834	11097	11037	10978	10918	10859	102719
Exp. Chile	1204	1244	1283	1323	1362	1401	1441	1480	1520	1559	13817
TOTAL US\$	9903	10598	11291	11985	12078	13000	13000	13000	13000	13000	121,455
NACIONAL											
	114	120	125	131	137	142	148	154	159	165	1396
Exp. Venezuela	1669	1796	2020	2154	2288	2344	2331	2319	2306	2293	21520
Exp. Chile	265	274	282	291	300	308	317	326	334	343	3040
TOTAL	2048	2190	2427	2576	2725	2794	2796	2799	2799	2801	25956
2. COSTO DE VENTAS	1590	1590	1590	1590	1590	1590	1590	1590	1590	1590	15900
3. MARGEN BRUTO	458	600	837	986	1135	1204	1206	1209	1209	1211	10056

PRECIO: Perú 283.7\$/TM

Venezuela: 201.1\$/TM (hasta 1983), 211.2\$/TM (desde 1984)

Chile 220.0\$/TM

CUADRO 8.4.

DETERMINACION DE LA RENTABILIDAD ECONOMICA DEL PROYECTO CAPITAL

(miles de US\$)

		2	3	4	5	6	7	8	9	10	TOTAL	
3. MARGEN BRUTO		458	600	837	986	1135	1204	1206	1209	1209	1211	10,055
GASTOS ADM. Y VENTAS		(40)	(40)	(40)	(40)	(40)	(40)	(40)	(40)	(40)	(40)	(400)
GASTOS PRE OPERATIVOS		(17)	(17)	(17)	(17)	(17)	(17)	(16)	(16)	(16)	(16)	(166)
4. UTILIDAD NETA		401	543	780	929	1078	1147	1150	1153	1153	1155	9,489
5. LEY DE INDUSTRIAS	27%	(108)	(147)	(211)	(251)	(291)	(310)	(311)	(311)	(311)	(312)	(2,562)
6. RENTA IMPONIBLE		293	396	569	678	787	837	839	842	842	843	6,927
7. IMP. A LA RENTA	40%	(117)	(158)	(228)	(271)	(315)	(335)	(336)	(337)	(337)	(337)	(2,771)
8. UTILIDAD DESPUES DEL IMP. A LA RENTA		176	238	341	407	472	502	503	505	505	506	4,155
+DEPRECIACION		167	167	167	167	167	167	167	167	167	168	1,671
+GASTOS PREOPER.		17	17	17	17	17	17	16	16	16	16	166
FLUJO DE CAJA												
(-1.5)	(-1.0)	360	422	525	591	656	686	686	688	688	690	5,992
(390)	(1639)											

T I R = 18%

CUADRO 8.5.

DETERMINACION DE LA RENTABILIDAD FINANCIERA DEL PROYECTO

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TOTAL	
3. MARGEN BRUTO	458	600	837	986	1135	1204	1206	1209	1209	1211	10,055
-GAST. ADM. y VENTAS	(40)	(40)	(40)	(40)	(40)	(40)	(40)	(40)	(40)	(40)	(400)
-GAST. PREOPERATIV	(17)	(17)	(17)	(17)	(17)	(17)	(16)	(16)	(16)	(16)	(166)
-GAST. FINANCIEROS	(147)	(144)	(128)	(112)	(96)	(80)	(64)	(45)	(13)		(829)
4. UTILIDAD NETA	254	399	652	817	982	1067	1086	1108	1140	1155	8,660
5. LEY DE INDUSTRIAS	(69)	(108)	(176)	(221)	(265)	(288)	(293)	(299)	(308)	(312)	(2,338)
6. RENTA IMPONIBLE	185	291	476	596	717	779	793	809	832	843	6,322
7. IMPUEST. A LA RENTA	(74)	(116)	(190)	(238)	(287)	(312)	(317)	(324)	(333)	(337)	(2,529)
8. UTILIDAD DESPUES DE IMPUEST. A LA RENTA	180	283	462	579	695	755	769	784	807	818	6,131
(+) DEPRECIACION	167	167	167	167	167	167	167	167	167	168	1,671
(+) GAST. PREOPERATIV	17	17	17	17	17	17	16	16	16	16	166
(+) GST. FINANCIEROS DURANT CONSTRUC	18	18	18	18	18	18	18	15			141
(-) PAGO DE DEUDA	(24)	(134)	(134)	(134)	(134)	(134)	(134)	(138)	(110)		(1,076)
9. FLUJO DE CAJA (-1.5) (-1.0) 206 888	358	351	530	647	763	823	836	844	880	1002	7,033

T I R = 34%

IX. BALANCE DE DIVISAS

CAPITULO IX

BALANCE DE DIVISAS

El Proyecto muestra un favorable balance de divisas que sumariado en el período de 10 años se muestra en el cuadro N°9.

Se llega a un saldo neto a nivel e Empresa de \$22'655,000 y un saldo neto para el país de 24'051,000 en los 10 años de operación del proyecto.

9.1. AUMENTO DE EXPORTACIONES

El Proyecto generará un incremento de las exportaciones peruanas en un total de \$24'560,000 en los 10 años de vida útil del Proyecto.

9.2. SUSTITUCION DE IMPORTACIONES

La producción de Carbonato de Calcio Precipitado en el país traería como consecuencia una sustitución de las importaciones de las mismas con un consiguiente ahorro de divisas del orden de \$1'396,000 por concepto de Importaciones.

CUADRO 9

BALANCE DE DIVISAS A NIVEL DE EMPRESAS Y DEL PAIS
(miles de US\$)

AÑOS	-1.5	-1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TOTAL	
1. EGRESOS													
INVERSION	14	127	24	134	134	134	134	134	138	110		1,217	
COSTOS VARIABLES													
INTERESES 12%			129	126	110	94	78	62	46	30	13	688	
	14	127	153	260	244	228	212	196	180	168	123	1,905	
2. INGRESOS													
EXPORTACION			1934	2070	2302	2445	2588	2652	2648	2645	2640	2636	24,560
SALDO DIVISAS DEL PROYECTO PARA LA EM- PRESA	-14	-127	1781	1810	1058	2217	2376	2456	2468	2477	2517	2636	22,655
SUSTITUCION DE IMPOR TACIONES													
PRODUCTO			114	120	125	131	137	142	148	154	159	165	1,396
MATERIAS PRIMAS													
SALDO NETO DE DIVISAS PARA EL PAIS	-14	-127	1895	1930	2183	2348	2513	2598	2616	2631	2676	2801	24,051

BIBLIOGRAFIA

1. CALCIUM CARBONATE SYNTHETIC. Philip F. Woerner, Manager of the Diamond Shamrock Chemical Company.
2. MANUFACTURING TECHNOLOGY FOR A HIGHLY DISPERSED CALCIUM CARBONATE. Ovechkin, Gerásimenko y Guskova, 1963.
3. CHEMICAL PROCESS INDUSTRIES. Shreve, Brink, 4ta. Edición. McGraw Hill, Kogakusha, 1977.
4. CHEMICAL ENGINEERING, 6 de Abril de 1970, Pág.37
5. CHEMICAL ENGINEERING KINETICS, J.M.Smith, 2da Ed. Mc Graw-Hill Kogakusha.
6. INTRODUCTION TO CHEMICAL ENGINEERING THERMODYNAMICS, Smith y Van Ness, 3ra. Edición, Edit. McGraw Hill Kogakusha.
7. PROCESS HEAT TRANSFER, Donald Q. Kern, Editorial McGraw Hill Kogakusha
8. HEAT TRANSMISSION, William H. McAdams, 3ra. Edición, Edit. Mc Graw-Hill.
9. IND. ENG. CHEM., Chilton, Drew y Reber, Vol.36, Año 1944, Pág. 510.
10. CHEMICAL ENGINEERS' HANDBOOK, Robert H. Perry, Cecil H. Chilton, International Student Edition.
11. CHEMICAL ENGINEERING, 25 de Octubre de 1976, Pág. 119-126.
12. CHEMICAL ENGINEERING, 17 de Enero de 1977, Pág. 106-117.

13. CHEMICAL ANALYSIS OF LIME, Japanese Industrial Standard, JIS-R-9011, 1964
14. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, C-25-72
15. CALCIUM CARBONATE, Farben Fabriken Bayer A.-G. Brit 903-345, Aug. 15, 1962.
16. FINELY DISPERSED CALCIUM CARBONATE SUITABLE AS A RUBBER FILLER, Farben Fabriken Bayer A.-G., Ger 1, 116, 203, 13 de Octubre de 1959.
17. PREPARATION OF CALCIUM CARBONATE FOR REINFORCING STYRENE-BUTADIENE RUBBER (SBR), Junji Furukawa y Colaboradores, Bull, Inst, Chem. Res., Kyoto Univ. 40, 211-28 (1962).